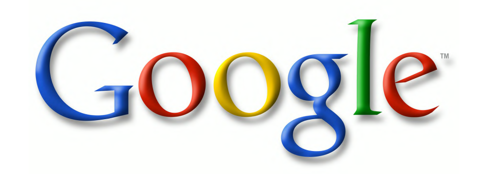




ARIES
585 4





ZEITSCHRIFT

FÜR

KRYSTALLOGRAPHIE

UND

MINERALOGIE

UNTER MITWIRKUNG

ZAHLREICHER FACHGENOSSEN DES IN- UND AUSLANDES

HERAUSGEGEBEN

VON

P. GROTH.

SIEBENUNDZWANZIGSTER BAND.

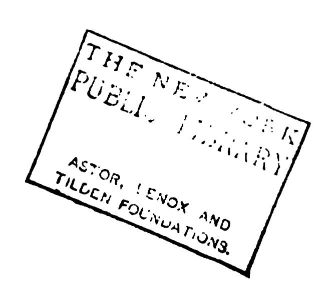
MIT 6 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN UND 152 FIGUREN IM TEXT.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1897.


THE ASTOR LIBRARY.
NY



Inhaltsverzeichniss des siebenundzwanzigsten Bandes.

Heft I. (Geschlossen am 31. Mai 1896.)

Seite

Heft II und **III**. (Geschlossen am 28. Juni 1896.)

Heft IV. (Geschlossen am 30. Juli 1896.)

Heft V. (Geschlossen am 12. September 1896.)

Seite

Heft VI. (Geschlossen am 16. Oktober 1896.)

I. Elementare Darstellung der 32 Krystallklassen.

Von

C. Viola in Rom.

(Mit 39 Textfiguren.)

Inhaltsverzeichniss.

Wer die neue Auflage der physikalischen Krystallographie **Groth's** aufmerksam durchgenommen hat, dem wird das Verdienst dieses Autors nicht entgangen sein, welches darin besteht, dass er ein trockenes Gebiet auch Solchen zugänglich macht, die keine blossen Theoretiker sind, welche jedoch diesen letzteren durch ihre Beobachtungen von mannigfachem Nutzen sein können.

Mit diesem Aufsatze beabsichtige ich auch, wie Prof. Groth, die 32 krystallographisch möglichen Symmetriearten für alle Mineralogen verständlich zu behandeln. Dies ist aber nicht das Einzige, was ich mit dem Text sowohl als mit den Zeichnungen bezwecke, vielmehr möchte ich damit zugleich die Möglichkeit der 32 Klassen streng und elementar beweisen.

Wem die Arbeiten von Hessel, Bravais, Möbius, Gadolin, Curie, Fedorow, Minnigerode, Schoenflies, Becke und auch die meinige bekannt sind, der wird leicht erkennen, ob und in wie weit noch Vereinfachungen möglich sind; ich meinerseits halte sie für möglich; dass ich sie noch nicht erreicht habe, mag der Leser mit meiner geringen Uebung in elementaren Darstellungen entschuldigen.

Eine Symmetrie ist krystallographisch möglich, wenn sie dem Grundgesetze nicht widerspricht, dem die Flächen und Kanten eines Krystalles unterworfen sind.

Dieses Gesetz ist bekannt unter den Namen: Gesetz der Zonen, der Rationalität der Indices, Gauss'sches Gesetz, Gesetz der homogenen Vertheilung der Materie. Alle diese vier Bezeichnungen des krystallographischen Grundgesetzes sind gleichbedeutend; in jeder sind die anderen ohne Erweiterung oder Einschränkung inbegriffen; von welcher derselben man auch ausgeht, ist zu erwarten, dass die krystallographisch möglichen Symmetrieen sich mit der nämlichen absoluten Nothwendigkeit herausstellen.

Dieser Satz ist nicht nur empirisch, sondern auch analytisch richtig. In diesem Aufsatze wird er als bekannt vorausgesetzt, und zwar wollen wir von der Form der Rationalität der Indices ausgehen.

I. Einleitung.

1. Individualisirung eines Systems im Raume. Ein System von Punkten, Kanten und Ebenen kann als ein Punktsystem aufgefasst werden, weil die Kanten und Ebenen ebenfalls aus Punkten bestehen; ein solches System kann auch als Ebenensystem angesehen werden, da die Punkte und Geraden Durchschnitte von Ebenen sind, etc. Wir sprechen in der Folge von im Raume gelegenen Punktsystemen.

Ein Punktsystem ist im Raume unzweideutig festgestellt, wenn man die Lage jedes Punktes unzweideutig im Raume angeben kann; dazu ist nothwendig, die Abstände der einzelnen Punkte von vier gegebenen Punkten des Systems zu kennen. Drei Punkte reichen dazu nicht hin. Wenn in der That nur die Entfernungen eines beliebigen Punktes von den drei festen Punkten gegeben wären, so könnte dieser nicht im Raume unzweideutig festgestellt werden, da er auf die eine oder andere Seite der, durch die drei gegebenen Punkte gehenden Ebene fallen könnte. Wir sagen also, dass, um die Lage eines Punktsystems im Raume unzweideutig festzustellen, es nothwendig und hinreichend ist, die Lage von vier nicht in einer Ebene liegenden Punkten des Systems zu kennen.

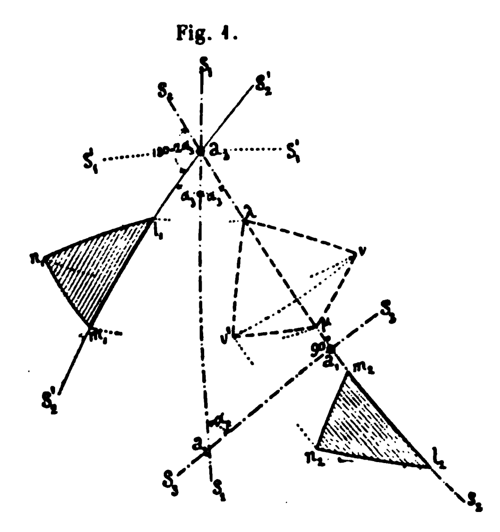
2. Unter sich symmetrische Systeme. Wenn in zwei im Raume gegebenen Punktsystemen die respectiven Abstände aller Punkte eines derselben denjenigen von allen Punkten des anderen gleich sind, sagt man, sie seien unter sich symmetrisch. Man kann sie auch gleichwerthige Systeme nennen. Wenn solche Systeme vollständig zur Deckung gebracht werden können durch irgend welche im Raume mögliche Bewegung, so sagt man, sie seien congruent.

3. Allgemeine Entstehung von unter sich symmetrischen Systemen. Zwei unter sich symmetrische Systeme sind gegeben; nun will man sehen, was für eine Operation man mit allen Punkten eines Systems vornehmen muss, damit dieselben mit allen bezüglichen des anderen zusammenfallen, d. h. damit die beiden Punktsysteme sich vollständig decken.

Die zwei Systeme haben einen gemeinschaftlichen Punkt, den wir O nennen wollen; die anderen drei Punkte des einen Systems seien $l_1 m_1 n_1$, die des anderen $l_2 m_2 n_2$ (s. Fig. 1 auf S. 4). Die Lage dieser Punkte ist natürlich ganz beliebig. Betrachten wir einige Ebenen, welche durch den gemeinschaftlichen Punkt O gehen. Die zwei Ebenen s_2 und s_2', die durch $l_1 m_1$ und $l_2 m_2$ gehen, schneiden sich in der Kante a_3 und bilden mit ein

ander die Winkel $2\alpha_3$ und $180^0 - 2\alpha_3$. Man führt nun durch a_3 eine Ebene s_1, welche den Winkel $2\alpha_3$ oder $180^0 - 2\alpha_3$ halbirt.

Fig. 1.



Wenn man das System $l_1 m_1 n_1$ in der Ebene s_1 spiegelt, so erhält man ein ihm symmetrisches System $\lambda \mu \nu$. Nimmt man ferner die Ebene s_2 als Spiegel an, so wird das Spiegelbild von $\lambda \mu \nu$ in dieser Ebene $\lambda \mu \nu'$ sein, und auch dieses System wird sowohl zu dem System $\lambda \mu \nu$ als auch zu dem System $l_1 m_1 n_1$ symmetrisch sein. Endlich führt man durch a_1, Mittelpunkt von μ und m_2, eine auf s_2 senkrechte Ebene s_3. Nimmt man auch diese als Spiegel an, so bekommt man aus $\lambda \mu \nu'$ das Spiegelbild $l_2 m_2 n_2$, welches das gegebene, zu $l_1 m_1 n_1$ symmetrische, System ist.

Die relative Lage der zwei unter sich symmetrischen Systeme kann der Art sein, dass die aufeinander folgenden Spiegelungen $s_1 s_2 s_3$ nicht hinreichen, um das System $l_1 m_1 n_1$ in das System $l_2 m_2 n_2$ zu übertragen; allein das Ziel wird jedenfalls durch drei Spiegelungen erreicht, wenn als erste Spiegelung die den Winkel $180^0 - 2\alpha_3$, anstatt $2\alpha_3$, halbirende Ebene s_1' gewählt wird.

Wir sehen also, dass durch successive Planspiegelungen der Punkte eines Systems dieselben vollständig in die beliebig angenommene Lage des ihm symmetrischen Systems übertragbar sind.

Je nach der relativen Lage, welche zwei unter sich symmetrische Systeme haben, reichen eine, zwei oder drei Spiegelungen hin, um das eine System mit dem anderen vollständig zur Deckung zu bringen; aber in keinem Falle sind mehr als drei Spiegelungen erforderlich, deren zwei auf einander senkrecht stehen, wie in der Fig. 1 angegeben ist.

4. Bildung von unter sich symmetrischen Systemen mit Hilfe einer einzigen Spiegelung. Zwei unter sich symmetrische Systeme können eine solche relative Lage im Raume haben, dass, indem man alle Punkte des einen Systems in einer einzigen Spiegelebene s_1 abspiegelt, man alle Punkte des anderen Systems erhält. In diesem Falle haben natürlich beide Systeme gemeinschaftliche Punkte; es sind nämlich diejenigen, die in der Ebene s_1 liegen. Man sagt, diese zwei Systeme,

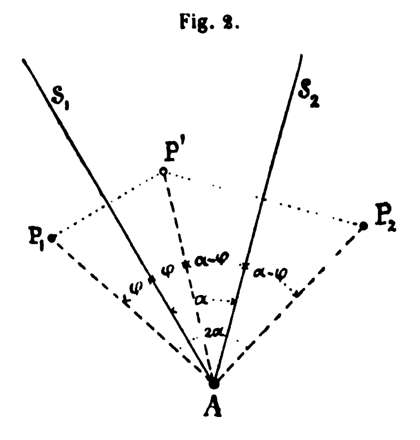
z. B. $l_1 m_1 n_1$ und $\lambda \mu \nu$ der Fig. 1, sind unter sich symmetrisch mit Bezug auf eine Ebene, welche man Symmetrieebene nennt.

5. Bildung von unter sich symmetrischen Systemen mit Hilfe von zwei Spiegelungen. Die zwei unter sich symmetrischen Systeme können eine solche relative Lage im Raume haben, dass, wenn man alle Punkte des einen Systems in einer einzigen Ebene spiegelt, man nicht alle Punkte des anderen Systems erhält, sondern dass zu diesem Zwecke zwei aufeinander folgende Spiegelungen erforderlich, aber auch hinreichend sind.

In diesem Falle sagt man, die zwei Systeme, z. B. $l_1 m_1 n_1$ und $\lambda \mu \nu'$ (Fig. 1), seien unter sich symmetrisch mit Bezug auf die den zwei Spiegelungen gemeinschaftliche Gerade, welche Axe der Symmetrie heisst. Die zwei Systeme haben gemeinschaftliche Punkte, es sind nämlich diejenigen, welche in der Symmetrieaxe liegen.

Ein System, das zu einem gegebenen symmetrisch sein soll mit Bezug auf eine Axe, wird also erhalten, indem man letzteres in zwei Spiegeln, die durch die Symmetrieaxe gehen, successive abspiegelt. Dasselbe Resultat wird aber auch erhalten, indem man das System um einen bestimmten Winkel um die Symmetrieaxe drehen lässt. In der That seien s_1 und s_2 die auf dem Papier senkrecht stehenden, gegebenen zwei Spiegel, welche sich in der Geraden A schneiden und den Winkel α einschliessen, Fig. 2.

Fig. 2.



Es sei P_1 ein beliebiger Punkt des Systems, P' dessen Bild im Spiegel s_1 und P_2 das Bild des letzteren im Spiegel s_2. So stellen P_1 und P_2 die zwei unter sich symmetrischen Systeme mit Bezug auf die Symmetrieaxe A dar. Nun bildet aber der Radius P_1A, sowie der Radius $P'A$ mit dem Spiegel s_1 den Winkel φ. Ferner bilden der Radius $P'A$ und der Radius P_2A mit dem Spiegel s_2 den Winkel $\alpha - \varphi$, daher schliesst P_1A mit P_2A den Winkel 2α ein, und das gilt für je zwei entsprechende Punkte der Systeme. Wir sagen also, dass eine Drehung um eine Axe gleich ist der successiven Abspiegelung in zwei Spiegeln, welche durch die betreffende Axe gehen. Der Drehungswinkel ist doppelt so gross als derjenige, welchen die zwei Spiegel einschliessen.

6. Bildung von unter sich symmetrischen Systemen mit Hilfe von drei Spiegelungen. Wenn die zwei unter sich symmetrischen Systeme eine solche Lage im Raume haben, dass das eine weder das Bild

des anderen in einem einzigen Spiegel, noch das Spiegelbild von zwei successiven Spiegelungen ist, so kann immer das eine von dem anderen durch drei successive Spiegelungen erhalten werden, wobei zwei Spiegel aufeinander senkrecht stehen. Man sagt, zwei solche Systeme seien unter sich invers. Zwei solche Systeme haben nur einen Punkt gemeinschaftlich.

7. Einfache Operationen. Zwei unter sich symmetrische im Raume gelegene Punktsysteme können also symmetrisch sein entweder mit Bezug auf eine Ebene, oder mit Bezug auf eine Axe oder endlich invers sein. Keine andere gegenseitige Lage im Raume von unter sich symmetrischen Systemen ist denkbar.

Eine Spiegelung resp. zwei und drei successive Spiegelungen werden einfache Operationen der Symmetrie genannt.

8. Vorstellung einer symmetrischen Figur. Bis hierher wurde eine einfache Operation bei einem Punktsysteme angewandt und dadurch ein zweites mit demselben symmetrisches System erhalten.

Nun wenden wir die nämliche Operation mehrfach an. Aus einem Punktsysteme geht ein zweites ihm symmetrisches Punktsystem hervor. Die nämliche Operation bei diesem letzteren angewandt, erzeugt ein drittes Punktsystem, welches mit den beiden ersteren symmetrisch ist. Mit Hilfe derselben Operation geht aus dem dritten ein viertes, den drei vorhergehenden symmetrisches System hervor u. s. w.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass, wenn man in dieser Weise fortschreitet, d. h. immer die nämliche einfache Operation auf das zuletzt erhaltene System anwendet, man eine unendliche Anzahl von unter sich symmetrischen Punktsystemen erhält. Alle solche unendlichen, unter sich symmetrischen Systeme haben die Eigenschaft, dass zwischen zwei beliebigen unter sich symmetrischen Systemen, welche unmittelbar aufeinander folgen, immer dieselbe gegenseitige Lage im Raume besteht.

Die einfache Operation, welche die unter sich symmetrischen Systeme hervorbringt, kann eine solche sein, dass, wenn sie auch unendliche Male auf die schon gebildeten unter sich symmetrischen Systeme angewandt wird, sie doch nur eine endliche Anzahl von unter sich symmetrischen Systemen erzeugt. Das kommt natürlich dann vor, wenn irgend zwei unter sich symmetrische Systeme vollständig zusammenfallen, da in diesem Falle die Erzeugung der unter sich symmetrischen Systeme sich wiederholen muss.

Ein einziger Spiegel z. B. erzeugt nur zwei unter sich symmetrische Systeme.

Wenn dagegen die einfache Operation aus zwei Spiegelungen besteht, so erhält man eine beliebige Anzahl von unter sich symmetrischen Systemen. Wenn z. B. der durch die zwei Spiegel gebildete Winkel n-mal in dem halben Umkreise enthalten ist, wobei n eine ganze Zahl ist, so werden wir n unter sich symmetrische Systeme erhalten, welche um die den beiden Spie-

geln gemeinschaftliche Gerade herum symmetrisch gelegen sind. Analog kann man drei Spiegel so wählen, dass die Anzahl der, vermittelst derselben erzeugten, unter sich symmetrischen Systeme endlich sei.

Wir wollen alle jene Fälle, bei denen eine einfache Operation eine unendliche Anzahl von unter sich symmetrischen Systemen zu erzeugen vermag, ausschliessen, und fassen künftighin nur jene einfachen Operationen ins Auge, vermittelst deren endliche, unter sich symmetrische Systeme entstehen.

Der Zusammenhang aller solcher unter sich symmetrischer Systeme ist das, was man eine symmetrische Figur nennt.

Damit ist aber auch die Eigenschaft angegeben, welche eine symmetrische Figur überhaupt besitzt; denn wird diejenige einfache Operation bei der symmetrischen Figur angewandt, welche die unter sich symmetrischen, die Figur bildenden Systeme erzeugt hat, so geht das erste System in das zweite, das zweite in das dritte, dieses in das vierte u. s. w., das letzte in das erste über, d. h. die symmetrische Figur wird in sich selbst zurückkehren. Und so oft eine Figur mit Hilfe einer einfachen Operation in sich selbst zurückkehrt, liegt der Beweis vor, dass die Figur eine Symmetrieeigenschaft besitzt. Wenn hingegen weder ein Spiegel, noch zwei oder drei Spiegel, worin eine Figur successive abgespiegelt wird, existiren, um dieselbe in sich selbst zurückzubringen, so heisst dies, dass die Figur keine Symmetrieeigenschaft besitzt, dass sie **asymmetrisch** ist, oder dass ihre **Symmetrie Null** oder vom **nullten Grade** ist.

Die Operation, welche, bei einer Figur angewendet, diese in sich selbst vollständig zurückzuführen vermag, heisst Deckoperation. Jede Deckoperation kann aus einer, zwei oder drei Spiegelungen gebildet werden.

Der Spiegel selbst heisst das Symmetrieelement des Raumes. Ein solches wird mit dem Buchstaben S, die Symmetrie Null mit S_{00} bezeichnet.

Die Asymmetrie kommt bei den Krystallen vor, denn das Gesetz der Zonen ist an keine Symmetrieeigenschaft gebunden.

II. Symmetrische Figuren des ersten Grades.

1. Definition solcher Figuren.

Alle jene endlichen, im Raume gelegenen Figuren, welche mit Hilfe der einfachen, auf die asymmetrische Figur angewandten Operationen erzeugt werden, heissen symmetrische Figuren des ersten Grades. Aus dieser Definition geht hervor, dass eine symmetrische Figur ersten Grades in sich selbst zurückkehrt nur durch eine Deckoperation, welche entweder in einer einzigen Spiegelung, in zwei oder in drei successiven Spiegelungen besteht.

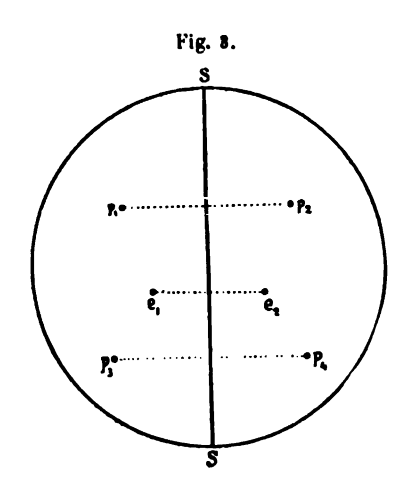
2. Symmetrische Figur mit einer Symmetrieebene.

Die einfache Operation besteht in einer Spiegelung. Eine solche ist nur im Stande, zwei unter sich symmetrische Systeme zu erzeugen, welche symmetrisch in Bezug auf jenen Spiegel sind, welcher die Symmetrieebene heisst.

Eine Figur, welche nur aus zwei asymmetrischen Systemen besteht, die gegenseitig das Spiegelbild des anderen sind, heisst symmetrisch in Bezug auf die Symmetrieebene. Sie kehrt in sich selbst zurück nur durch eine Deckoperation, welche in einer Spiegelung nach einer Ebene besteht.

Eine solche symmetrische Figur kommt bei den Krystallen vor, denn eine Symmetrieebene widerspricht nicht dem Gesetze der Zonen. Das kann sehr leicht bewiesen werden.

Fig. 3.



p_1, p_2, p_3, p_4 seien in stereographischer Projection die vier Flächen eines Krystalles, paarweise symmetrisch mit Bezug auf die Ebene SS, Fig. 3. Die ersten drei $p_1(100)$, $p_2(010)$, $p_3(001)$ seien die Fundamentalflächen, und die vierte $p_4(111)$ die Einheitsfläche. Bei dieser Annahme ist die Ebene SS eine mögliche Krystallfläche. Nun muss bewiesen werden, dass alle jene Flächen, welche symmetrisch zu möglichen Krystallflächen sind in Bezug auf die Ebene SS, ebenfalls mögliche Krstallflächen sind. Eine beliebige mögliche Krystallfläche sei $e_1(h_1 k_1 l_1)$; die zu derselben symmetrische Fläche sei $e_2(h_2 k_2 l_2)$. Um die Indices dieser Fläche zu bestimmen, führen wir neue Coordinaten ein. Die neuen Fundamentalflächen seien $p_2 p_1 p_4$, und die neue Einheitsfläche p_3. Dann sind die neuen Indices von e_2 offenbar $h_1 k_1 l_1$ und ihre Verhältnisse sind rational, wie angenommen wurde; daher ist e_2 eine mögliche Krystallfläche, und folglich SS Symmetrieebene des Krystalles. Die neuen Indices der Fläche e_1 sind $h_2 k_2 l_2$, und durch Transformation der Coordinaten erhalten wir folgende Beziehungen:

$$h_2 : k_2 : l_2 = l_1 - k_1 : l_1 - h_1 : l_1 .$$

Eine Figur, welche nur symmetrisch ist mit Bezug auf eine Ebene, wird durch das Symbol S_{01} bezeichnet.

3. Symmetrische Figuren mit einer Symmetrieaxe.

a) Allgemeines über solche Figuren.

Die einfache Operation besteht in zwei successiven Spiegelungen. Die zwei Spiegelungen sind einer Drehung gleich um die den zwei Spiegeln

gemeinschaftliche Gerade. Der Drehungswinkel ist doppelt so gross als der von den beiden Spiegeln gebildete. Wir können in der Folge immer, wenn es sich um eine successive Spiegelung in zwei Spiegeln handelt, eine Drehung um eine Axe substituiren, welche Symmetrieaxe heisst. Wenn der Winkel, um welchen ein Punktsystem gedreht werden soll, n-mal in dem vollen Umfange des Kreises enthalten ist, so werden genau n unter sich symmetrische Systeme aus dieser Operation entstehen, und die Figur, welche aus derselben zusammengesetzt ist, heisst symmetrische Figur mit Bezug auf eine Symmetrieaxe.

Eine solche symmetrische Figur kehrt in sich selbst zurück mit Hilfe einer Deckoperation, welche in einer Drehung besteht um die Symmetrieaxe und um einen Winkel φ oder ein Vielfaches von φ. Der Umstand, dass ein Winkel φ, der kleiner als 360° sei und um welchen eine Figur gedreht werden muss, damit sie in sich selbst vollständig zurückkehrt, nicht besteht, ist ein untrügliches Zeichen, dass die Figur keine Symmetrieaxe besitzt.

Es sei also φ der kleinste Winkel, um welchen eine Figur um eine Axe gedreht werden kann, damit sie in sich selbst zurückkehrt, und n die Anzahl, wie viel Mal φ in dem vollen Umkreise enthalten ist, d. h.

$$n = \frac{360^0}{\varphi}.$$

Man sagt dann die Symmetrieaxe ist n-zählig.

Geometrisch kann n eine beliebige ganze Zahl sein, aber krystallographisch ist n beschränkt, und zwar darf n nur 2, 3, 4 und 6 sein.

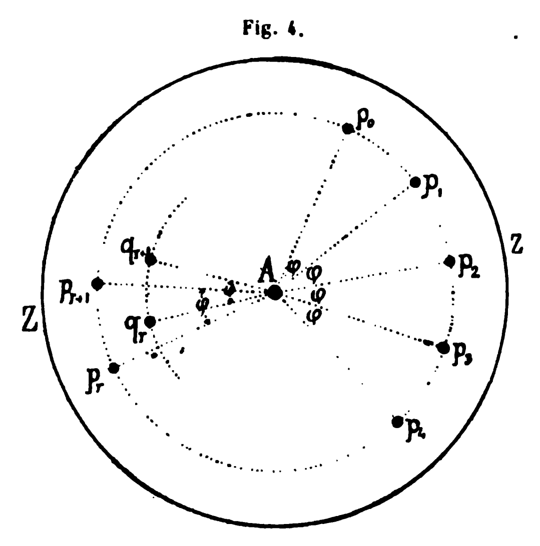
b) Beweis, dass eine Symmetrieaxe krystallographisch möglich ist, wenn sie zwei-, drei-, vier- oder sechszählig ist.

Um streng beweisen zu können, ob eine Symmetrieaxe krystallographisch möglich sei, werden wir vier unter sich und in Bezug auf die Symmetrieaxe symmetrische Krystallflächen annehmen und untersuchen, ob alle unter sich symmetrischen Ebenen einer Krystallform ebenfalls mögliche Krystallflächen seien. Der Beweis wäre fehlerhaft, wenn bei der Annahme der Krystallflächen eine derselben durch die Symmetrieaxe ginge, denn in diesem Falle würde man erstens eine unerlaubte Annahme machen, d. h. dass die Symmetrieaxe schon eine mögliche Krystallkante wäre, bevor überhaupt die Möglichkeit nachgewiesen wäre, dass sie eine krystallographische Symmetrieaxe sei, zweitens würde man nachweisen, dass die Symmetrieaxe nur in beschränktem Maasse für die zu dieser Axe parallelen Flächen gälte.

p_0, p_1, p_2, p_3 seien die vier gegebenen Krystallflächen in stereographischer Projection und symmetrisch mit Bezug auf die Axe A. Z sei der Zonenkreis von A, Fig. 4.

Bestimmen wir die Beziehungen, welche die Indices zweier aufeinanderfolgender, unter sich symmetrischer Flächen verbinden. Die zwei beliebigen, unter sich symmetrischen Flächen seien q_r und q_{r+1}. Ferner sei p_4 die zu den gegebenen vier Flächen symmetrische Fläche.

Fig. 1.



Die Indices dieser Flächen seien folgende:

100	von p_0,
010	- p_1,
001	- p_2,
111	- p_3,
$h_4 k_4 l_4$	- p_4,
$h_r k_r l_r$	- q_r,
$h_{r+1} k_{r+1} l_{r+1}$	- q_{r+1}.

Um die letzteren zu bestimmen, wollen wir den Weg der Transformation der Coordinaten einschlagen [1].

Die neuen Fundamentalflächen seien p_1, p_2, p_3 und die neue Einheitsfläche sei p_4. Unter dieser Annahme werden die neuen Indices von q_{r+1} offenbar gleich den alten Indices der Fläche q_r sein.

Mit Hilfe der Methode der Transformation der Indices werden wir daher haben:

$$h_r : k_r : l_r = \frac{h_{r+1} - k_{r+1}}{h_4 - k_4} : \frac{h_{r+1} - l_{r+1}}{h_4 - l_4} : \frac{h_{r+1}}{h_4},$$

welche auch geschrieben werden können:

$$1)\quad \begin{cases} \dfrac{h_r}{k_r} = \dfrac{h_{r+1} - k_{r+1}}{h_{r+1} - l_{r+1}} \cdot \dfrac{h_4 - l_4}{h_4 - k_4}, \\[2ex] \dfrac{k_r}{l_r} = \dfrac{h_{r+1} - l_{r+1}}{h_{r+1}} \cdot \dfrac{h_4}{h_4 - l_4}, \\[2ex] \dfrac{h_r}{l_r} = \dfrac{h_{r+1} - k_{r+1}}{h_{r+1}} \cdot \dfrac{h_4}{h_4 - k_4}. \end{cases}$$

---

1) Wir wollen die Formel für die Transformation der Indices einer Fläche in Erinnerung bringen. Die Indices der neuen Fundamentalkanten seien resp. $(\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3)$, $(\varphi_1' \varphi_2' \varphi_3')$, $(\varphi_1'' \varphi_2'' \varphi_3'')$, und die der neuen Einheitsfläche $(e_1 e_2 e_3)$; dann verhalten sich die neuen Indices $(s_1 s_2 s_3)$ einer Fläche, deren alte Indices $(h_1 h_2 h_3)$ sind, wie folgt:

$$s_1 : s_2 : s_3 = \frac{h_1 \varphi_1 + h_2 \varphi_2 + h_3 \varphi_3}{e_1 \varphi_1 + e_2 \varphi_2 + e_3 \varphi_3} : \frac{h_1 \varphi_1' + h_2 \varphi_2' + h_3 \varphi_3'}{e_1 \varphi_1' + e_2 \varphi_2' + e_3 \varphi_3'} : \frac{h_1 \varphi_1'' + h_2 \varphi_2'' + h_3 \varphi_3''}{e_1 \varphi_1'' + e_2 \varphi_2'' + e_3 \varphi_3''}.$$

Sind die Indices der neuen Fundamentalflächen gegeben, d. h. $(f_1 f_2 f_3)$, $(f_1' f_2' f_3')$, $(f_1'' f_2'' f_3'')$, so hat man, wie bekannt:

$$\begin{aligned} \varphi_1 : \varphi_2 : \varphi_3 &= f_2' f_3'' - f_3' f_2'' : f_3' f_1'' - f_1' f_3'' : f_1' f_2'' - f_2' f_1'', \\ \varphi_1' : \varphi_2' : \varphi_3' &= f_2'' f_3 - f_3'' f_2 : f_3'' f_1 - f_1'' f_3 : f_1'' f_2 - f_2'' f_1, \\ \varphi_1'' : \varphi_2'' : \varphi_3'' &= f_2 f_3' - f_3 f_2' : f_3 f_1' - f_1 f_3' : f_1 f_2' - f_2 f_1'. \end{aligned}$$

Dies sind die Verhältnisse, welche uns dazu dienen werden, die Indices aller symmetrischen Flächen zu bestimmen.

Die Beziehungen (1) zeigen, dass, wenn die Verhältnisse

$$\frac{h_1}{k_1}, \frac{k_1}{l_1}$$

rational sind, alle diejenigen zwischen den Indices aller unter sich und zu einer möglichen Krystallfläche symmetrischen Flächen es auch sein müssen; und gleicherweise, wenn sie irrational sind, alle anderen auch irrational sein müssen.

Wir haben also nur zu sehen, in welchem Falle die Verhältnisse $\frac{h_1}{k_1}, \frac{k_1}{l_1}$ rational sind.

Ist die Symmetrieaxe vierzählig, so fällt die Fläche p_4 mit der Fläche p_0 zusammen; und da die Verhältnisse ihrer Indices natürlicherweise rational sind, so schliesst man daraus, dass eine vierzählige Symmetrieaxe krystallographisch möglich ist.

Gehen wir zu der allgemeinen Annahme über, dass die Symmetrieaxe m-zählig sei, wobei $m > 4$. Zu diesem Zwecke wenden wir die Gleichungen (1) auf die Flächen $p_r, p_{r+1}, \ldots$ an, welche zu den Flächen p_0, p_1, p_2, p_3, p_4 mit Bezug auf A symmetrisch sind.

Ist nun $r + 1 = m$, so fällt die Fläche p_{r+1} mit p_0 zusammen, und daher $h_{r+1} = 1$, $k_{r+1} = 0$, $l_{r+1} = 0$. Dies angenommen, geben die Beziehungen (1) die Verhältnisse der Indices für die Fläche p_{m-1}, nämlich:

$$2)\quad \begin{cases} \dfrac{h_{m-1}}{k_{m-1}} = \dfrac{h_1 - l_1}{h_1 - k_1}, \\[2ex] \dfrac{k_{m-1}}{l_{m-1}} = \dfrac{h_1}{h_1 - l_1}. \end{cases}$$

Dadurch werden mit Hilfe von (1) die Indices der Fläche p_{m-2} bestimmt, nämlich:

$$3)\quad \begin{cases} \dfrac{h_{m-2}}{k_{m-2}} = \dfrac{k_1 - l_1}{h_1 - k_1} \cdot \dfrac{h_1}{k_1}, \\[2ex] \dfrac{k_{m-2}}{l_{m-2}} = \dfrac{k_1}{h_1 - l_1}. \end{cases}$$

Werden diese Werthe in die Gleichungen (1) eingesetzt, so bestimmt man die Indices der Fläche p_{m-3}:

$$4)\quad \begin{cases} \dfrac{h_{m-3}}{k_{m-3}} = \dfrac{k_1^2 - h_1 l_1}{h_1(k_1 - h_1) + k_1(h_1 - l_1)} \cdot \dfrac{h_1 - l_1}{h_1 - k_1}, \\[2ex] \dfrac{k_{m-3}}{l_{m-3}} = \dfrac{h_1(k_1 - h_1) + k_1(h_1 - l_1)}{(k_1 - l_1)(h_1 - l_1)} \end{cases}$$

und so weiter.

Macht man nun $m = 5$, so liefern die Gleichungen (2) Folgendes:

$$\begin{cases} \frac{h_4}{k_4} = \frac{h_4 - l_4}{h_4 - k_4}, \\ \frac{k_4}{l_4} = \frac{h_4}{h_4 - l_4}, \end{cases}$$

welche aufgelöst ergeben:

$$\frac{h_4}{k_4} = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2}, \quad \frac{k_4}{l_4} = \frac{3 \pm \sqrt{5}}{1 \pm \sqrt{5}}.$$

Für $m = 6$ geben die Gleichungen (3):

$$\begin{cases} \frac{h_4}{k_4} = \frac{h_4 - l_4}{h_4 - k_4} \cdot \frac{h_4}{k_4}, \\ \frac{k_4}{l_4} = \frac{k_4}{h_4 - l_4}, \end{cases}$$

welche Folgendes liefern:

$$\frac{h_4}{k_4} = \frac{4}{3}, \quad \frac{k_4}{l_4} = \frac{3}{2}.$$

Für $m = 7$ liefern die Gleichungen (4):

$$\begin{cases} \frac{h_4}{k_4} = \frac{k_4^2 - h_4 l_4}{h_4(k_4 - l_4) + k_4(h_4 - l_4)} \cdot \frac{h_4 - l_4}{h_4 - k_4}, \\ \frac{k_4}{l_4} = \frac{h_4(k_4 - l_4) + k_4(h_4 - l_4)}{(k_4 - l_4)(h_4 - l_4)}, \end{cases}$$

welche aufgelöst irrationale Zahlen für die Verhältnisse $\frac{h_4}{k_4}$, $\frac{k_4}{l_4}$ ergeben, wie leicht zu sehen ist.

Und so können wir für m noch grössere Werthe setzen und leicht finden, dass die Verhältnisse der Indices h_4, k_4, l_4 irrational sind.

Wir schliessen daraus, dass sowohl die fünfzählige als auch die m-zählige Symmetrieaxe, wobei $m > 6$, krystallographisch unmöglich sind.

Wir haben nur noch zu untersuchen, ob die drei- und zweizähligen Symmetrieaxen möglich sind.

Ist die Symmetrieaxe dreizählig, so nehme man als Fundamentalflächen die drei Flächen $p_1(100)$, $p_2(010)$, $p_3(001)$ an, welche mit Bezug auf die Axe A symmetrisch sind, und e_0 sei die Einheitsfläche (111), Fig. 5.

Es ist zu beweisen, dass die zwei Flächen e_1, e_2, symmetrisch zur Fläche e_0 mit Bezug auf die Axe A, ebenfalls mögliche Flächen sein können.

Die Indices seien:

$h_1 k_1 l_1$ von e_1,
$h_2 k_2 l_2$ - e_2.

Wir schlagen auch hier den Weg der Transformation der Coordinaten ein. Die neue Einheitsfläche sei e_1, dann sind $h_1 k_1 l_1$ die neuen Indices der

Fläche e_2 mit Bezug auf die Fundamentalflächen p_2, p_3 und p_1, und somit werden die alten Indices der Fläche e_2 in folgenden Verhältnissen stehen müssen:

$$h_2 : k_2 : l_2 = h_1 k_1 : k_1 l_1 : l_1 h_1.$$

Da nun diese Verhältnisse immer rational sind, wenn eben e_0 richtig gewählt ist[1], so ist die dreizählige Symmetrieaxe krystallographisch möglich.

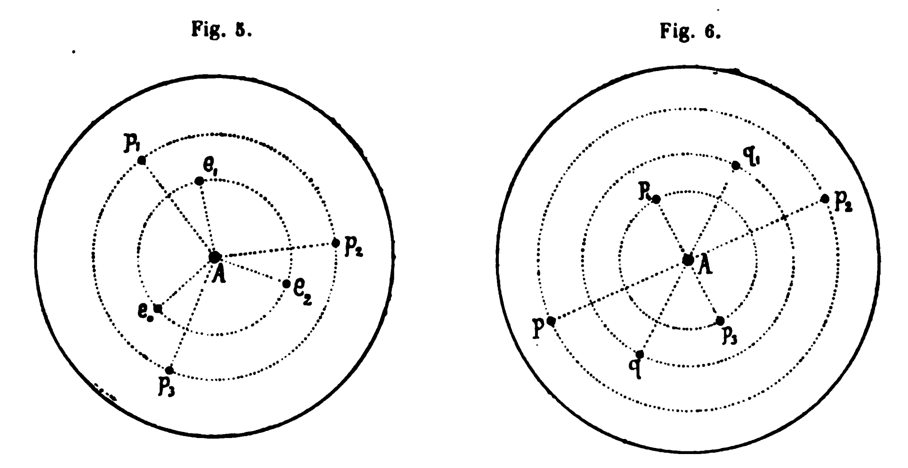


Fig. 5. Fig. 6.

In dem Falle, dass die Symmetrieaxe zweizählig ist, seien $p_1(100)$, $p_2(010)$ (Fig. 6) unter sich symmetrische Flächen mit Bezug auf die Axe A, und mit irgend einer Fläche $p_3(001)$ zusammen die drei Fundamentalflächen, und als Einheitsfläche sei die zur Fläche p_3 symmetrische Fläche $p_4(111)$ angenommen.

Die Indices irgend einer Fläche q seien (hkl). Es soll nun bewiesen werden, dass die zur Fläche q symmetrische Fläche q_1 eine mögliche Fläche sei. Die Indices der letzteren seien $(h_1 k_1 l_1)$.

Wenn an Stelle der drei Fundamentalflächen $p_1 p_2 p_3$ die folgenden

$$p_2 p_1 p_4,$$

und an Stelle der Einheitsfläche p_4 die Fläche p_3 angenommen wird, so werden die neuen Indices von q_1 eben hkl sein müssen, und ihre Verhältnisse sind offenbar rational. Durch die Transformation der Cordinaten haben wir noch

$$h : k : l = h_1 - k_1 : l_1 - h_1 : l_1,$$

d. h. dieselben Verhältnisse, welche wir für die Symmetrie mit Bezug auf eine Ebene gefunden haben.

Es ist damit dargethan, dass nur die zwei-, drei-, vier- und sechszählige Symmetrieaxe krystallographisch möglich ist.

---

1) Man kann z. B. e_0 so wählen, dass es senkrecht zur Symmetrieaxe ist (Näheres über die trigonale Axe in einem besonderen, an die Redaction eingesendeten Aufsatze).

c) Symmetrische Figuren mit einer Symmetrieaxe.

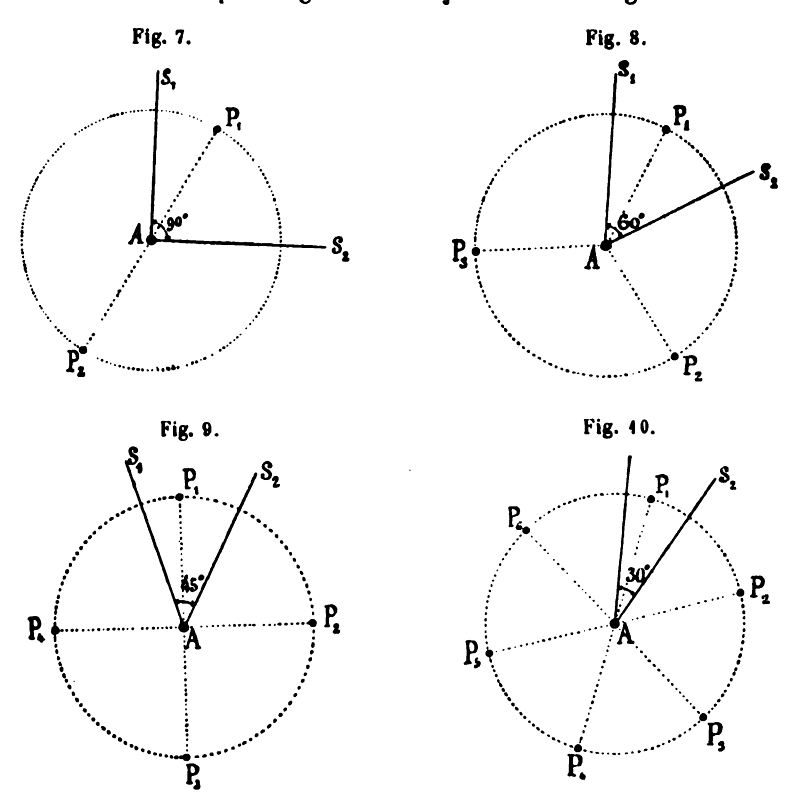
Da eine krystallographische Symmetrieaxe nur zwei-, drei-, vier- und sechszählig sein kann, so folgt daraus, dass die symmetrischen Figuren mit nur einer Symmetrieaxe vier sein können. Die zwei zur Bildung der symmetrischen Figur nöthigen Spiegel schliessen den Winkel 90°, 60°, 45° resp. 30° ein.

Diese vier symmetrischen Figuren können mit den Symbolen S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06} bezeichnet werden.

Wir nennen die Symmetrieaxe in solchen Fällen einwerthig im Gegensatze zu zweiwerthig, wie wir später definiren werden.

Die symmetrischen Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06} kehren in sich selbst zurück durch eine Deckoperation, welche nur in einer Drehung um eine Axe besteht, und um einen Winkel, der 180°, 120°, 90° resp. 60° oder ein Vielfaches dieser Zahlen beträgt.

Um auf dem Papier irgend eine symmetrische Figur darstellen zu



können, werden wir uns oft eine Symmetrieaxe senkrecht auf die Papierebene vorstellen, so dass die Symmetrieaxe als Punkt erscheint. Die ein-

zelnen, die symmetrische Figur bildenden, unter sich symmetrischen Systeme werden wir durch Punkte darstellen, und zwar voll ausgefüllt, wenn sie oberhalb des Papieres, und hohl (oder kleine Ringelchen), wenn sie unterhalb des Papieres gedacht werden.

So stellen also die Fig. 7, 8, 9, 10 die symmetrischen Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06} dar, wobei A die einwerthige Symmetrieaxe, S_1 und S_2 die diese Axe bildenden Spiegel und P_1, P_2, ... die die Figur bildenden Systeme sind.

4. Invers symmetrische Figuren.

a) Allgemeines über solche Figuren.

Wenn zwei unter sich symmetrische Punktsysteme eine solche gegenseitige Lage im Raume haben, dass sie nicht mit einander zur Deckung kommen können weder durch eine Spiegelung, noch durch zwei successive Spiegelungen, so können sie stets zur Deckung gebracht werden durch drei successive Spiegelungen, wobei nie mehr als drei erforderlich sind, deren zwei aufeinander senkrecht stehen können. Zwei solche Systeme heissen unter sich invers und die Operation von drei Spiegelungen heisst Inversion.

Um eine endliche symmetrische Figur construiren zu können, welche aus unter sich inversen Systemen besteht, muss man untersuchen, welcher Bedingung die drei Winkel, welche die drei Spiegel unter einander einschliessen, genügen müssen, damit die Anzahl der unter sich symmetrischen Systeme, welche daraus entstehen, eine endliche sei.

s_1, s_2, s_3 seien die drei Spiegel in stereographischer Projection, Fig. 11 S. 16, und α_1, α_2, α_3 die drei von den drei Spiegeln gebildeten Winkel, wobei $\alpha_1 = 90^0$ ist. Das in Betracht kommende System sei ohne Weiteres durch die Punkte $a_1 a_2 a_3$ bestimmt. Wir werden jetzt die drei Punkte successive in den drei Spiegeln s_1, s_2, s_3 abspiegeln und nach und nach alle unter sich symmetrischen Systeme bestimmen, welche dadurch entstehen.

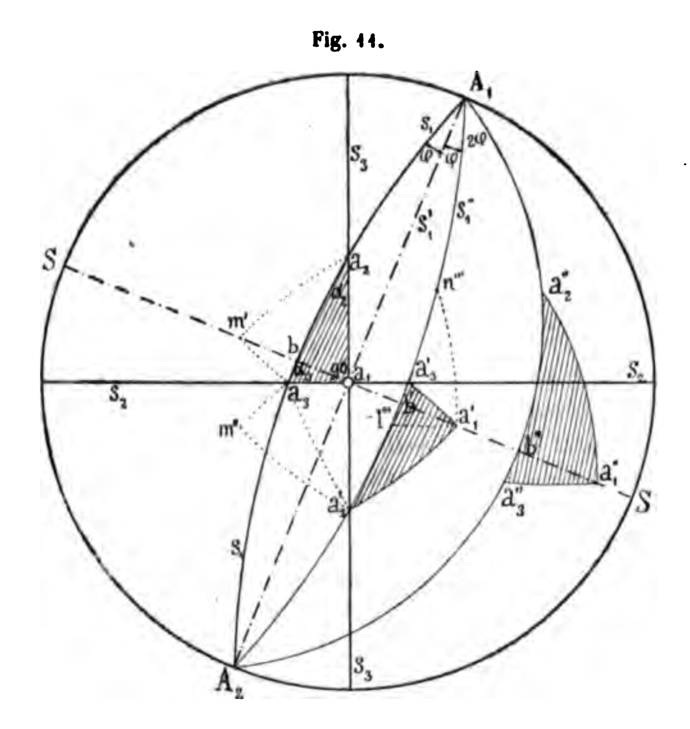
Die Reihenfolge der Spiegelungen sei ebenso s_1, s_2, s_3. Dieses System, vorerst in s_1 gespiegelt, hat sein Bild in $a_2 a_3 m'$; das Bild dieses in s_2 ist $a_3 a_2' m''$, und endlich das Bild des letzteren in s_3 ist $a_1' a_2' a_3'$, wobei das gegebene System ein beliebiges war. Wiederholt man die nämliche Operation der drei Spiegelungen s_1, s_2, s_3 mit dem System $a_1' a_2' a_3'$, so erhält man das zu diesem inverse System $a_1'' a_2'' a_3''$, wie leicht zu sehen ist, u. s. w.

Wir untersuchen jetzt, wie diese unter sich inversen Systeme gelegen sind.

Wir legen zu diesem Zwecke durch a_1 eine Ebene SS, welche auf dem Spiegel s_1 senkrecht steht, und die Ebene s_1' senkrecht auf der Ebene SS; dadurch erhält man zwei Punkte A_1 und A_2, und es ist wichtig zu wissen, wohin diese Punkte mit Hilfe der drei Spiegelungen übertragen werden.

Da A_1 und A_2 auf dem Spiegel S_1 liegen, so sind ihre Bilder auf demselben sie selbst. Die zwei Spiegel s_2 und s_3 sind, da sie aufeinander senkrecht stehen, einer Drehung von 180° um die Axe a_1 äquivalent, und somit haben wir das Ergebniss, dass in Folge der drei Spiegelungen s_1, s_2, s_3 der Punkt A_1 in A_2 und A_2 in A_1 gelangt. Die Gerade $A_1 A_2$ bleibt also fest im Raume trotz dieser Operation, sie wird nur umgekippt. Wird noch einmal die nämliche Operation angewendet, so kehrt die Richtung $A_1 A_2$ in sich selbst zurück.

Fig. 11.



Während die beiden Systeme $a_1 a_2 a_3$ und $a_1' a_2' a_3'$ unter sich invers sind, und ebenso die beiden Systeme $a_1' a_2' a_3'$ und $a_1'' a_2'' a_3''$, so sind dagegen die zwei Systeme $a_1 a_2 a_3$ und $a_1'' a_2'' a_3''$ unter sich direct symmetrisch, denn das eine entsteht aus dem anderen durch eine Drehung um die Axe $A_1 A_2$.

Betrachten wir noch die gegenseitige Lage der beiden Systeme $a_1 a_2 a_3$ und $a_1' l''' n'''$, so ist klar, dass das eine aus dem anderen durch eine Drehung um die Axe $A_1 A_2$ hervorgeht, während das System $a_1' a_2' a_3'$ aus dem Systeme $a_1' l''' n'''$ mit Hilfe einer Spiegelung im Spiegel SS entsteht, oder anders aufgefasst, das System $a_1 a_2 a_3$ wird in das System $a_1' a_2' a_3'$ mit Hilfe einer Drehung um die Axe $A_1 A_2$ und einer gleichzeitigen Spiegelung im Spiegel SS übertragen. Eine solche Operation ist also den drei Spiegelungen s_1, s_1', S äquivalent, wobei die zwei ersteren zu der letzteren senkrecht stehen. Wie können noch weiter gehen: eine Operation mit drei Spiegeln,

wie immer diese gewählt sein mögen, ist gleich einer Operation mit drei Spiegeln, wobei zwei derselben senkrecht auf dem dritten sind.

Betrachten wir ein, auf der Ebene SS liegendes Punktsystem, z. B. das System ba_1; dieses wird durch die Operation der drei Spiegelungen s_1, s_2, s_3 immer in der Ebene SS bleiben und sich nur um die Gerade $A_1 A_2$ drehen, so dass diese letztere für die betreffenden Punkte die Rolle der Symmetrieaxe spielt; und diese kann natürlich nur zwei-, drei-, vier- oder sechszählig sein. Alle anderen, nicht in der Ebene SS liegenden, Punkte erleiden ausser einer Drehung auch eine Spiegelung durch die Ebene SS. In der That, wenn das System $a_1 a_2 a_3$ um den Winkel 2φ und um die Axe $A_1 A_2$ rotirt, so kommt es in die Lage $a_1' l''' n'''$, und erst durch die Spiegelung SS gelangt es in die gegebene Lage $a_1' a_2' a_3'$. Diese doppelte Operation, welche aus einer Drehung und einer darauf senkrechten Spiegelung besteht, hat man Inversion genannt.

Die Axe $A_1 A_2$ heisst Inversionsaxe oder Symmetrieaxe zweiter Art; und auch der Spiegel SS kann eine Inversionsebene genannt werden.

Damit die Anzahl der durch die Inversion gebildeten Systeme eine endliche sei, ist erforderlich, dass der Winkel φ oder der Bogen ba_1 in dem halben Umkreise eine ganze Zahl mal enthalten sei. Die Winkel α_2, α_3 haben daher nur dieser Bedingung zu genügen. Die Inversionsaxe $A_1 A_2$ darf, wenn sie krystallographisch möglich sein soll, nur zwei-, drei-, vier- oder sechszählig sein, aus denselben Gründen, die wir schon für die Symmetrieaxe bewiesen haben.

Man bemerke ferner, dass die, aus unter sich inversen Systemen zusammengesetzte, invers symmetrische Figur eigentlich aus zweierlei Systemen gebildet ist, nämlich aus den Systemen $a_1 a_2 a_3$, $a_1'' a_2'' a_3''$, ..., welche auf der einen Seite der Ebene SS liegen, und aus den Systemen $a_1' a_2' a_3'$, $a_1''' a_2''' a_3'''$, ..., welche auf der anderen Seite der Ebene SS liegen. Sowohl diese als jene sind symmetrisch mit Bezug auf die Axe $A_1 A_2$, so dass diese auch eine Symmetrieaxe ist, und zwar halb so viel-zählig, wie wenn sie als Inversionsaxe figurirt. Daraus folgt:

Eine Inversionsaxe kann nur geradzählig, also krystallographisch nur zwei-, vier- oder sechszählig sein. Als Symmetrieaxe ist sie ein-, zwei- oder dreizählig. Also:

Es sind nur drei invers symmetrische Figuren möglich welche durch die Symbole S_{21}, S_{42}, S_{63} bezeichnet werden können.

b) Symmetrische Figur mit Inversionscentrum.

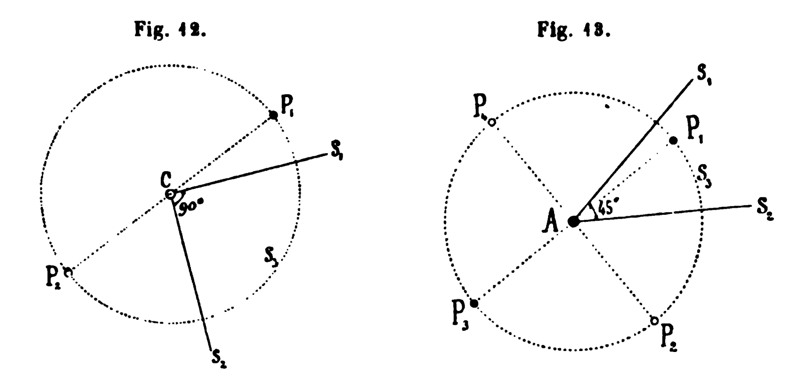
Die symmetrische Figur S_{21}, welche in der Fig. 12 dargestellt ist, besteht aus zwei asymmetrischen Systemen, deren eines (Punkt P_1) zu dem anderen (Ringelchen P_2) invers in Bezug auf das Centrum C ist.

Eine solche symmetrische Figur kehrt in sich selbst zurück nur mit Hilfe einer Deckoperation, d. h. indem alle Punkte durch ein Centrum entgegengesetzt übertragen werden, oder wie man genauer sagt, durch das Centrum invertirt werden. In der Fig. 12 bezeichnen s_1, s_2, s_3 die auf einander senkrechten Spiegel, welche das Inversionscentrum, auch Symmetriecentrum genannt, erzeugen, deren einer, s_3, mit der Papierebene zusammenfällt.

c) Symmetrische Figur mit einer vierzähligen Inversionsaxe.

Die symmetrische Figur S_{42}, welche in der Fig. 13 dargestellt ist, besteht aus vier symmetrischen Systemen, nämlich P_1, P_3 (voll ausgefüllt) auf

Fig. 12. Fig. 13.



einer Seite des Papieres, und P_2, P_4 (Ringelchen) auf der anderen Seite der Papierebene gedacht, welch letztere mit Bezug auf die ersteren invers sind; *A* ist die vierzählige Inversions- und zweizählige Symmetrieaxe.

Die diese Figur erzeugenden Spiegel sind s_1, s_2, welche den Winkel von 45° einschliessen und auf dem Papier senkrecht stehen, und s_3, welcher mit dem Papier zusammenfällt. Eine solche symmetrische Figur kehrt in selbst zurück mit Hilfe von zwei verschiedenen Deckoperationen, nämlich durch eine Drehung um die Symmetrieaxe *A* um den Winkel von 180° oder ein Vielfaches davon, und durch eine Drehung um dieselbe Axe *A* um den Winkel von 90° oder eine ungerade Anzahl davon, verbunden mit der auf *A* senkrechten Spiegelung.

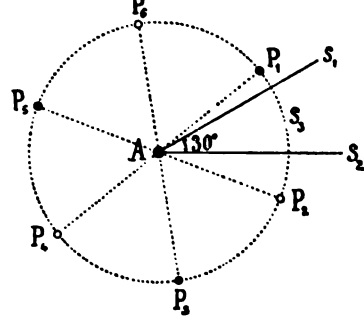
Die Symmetrieaxe *A* heisst zweiwerthig. Wir wollen folgende Definition geben:

Eine Symmetrieaxe, welche durch eine Deckoperation der Figur invertirt werden kann, heisst zweiwerthig, im entgegengesetzten Falle einwerthig.

d) Symmetrische Figur mit einer sechszähligen Inversionsaxe.

Die symmetrische Figur S_{63}, welche in der Fig. 14 dargestellt ist, besteht aus sechs unter sich symmetrischen Systemen, nämlich P_1, P_3, P_5 (voll ausgefüllt) auf einer Seite des Papiers, und P_2, P_4, P_6 (Ringelchen) auf der anderen Seite der Papierebene gedacht, welche letztere mit Bezug auf die ersteren invers sind. A ist die sechszählige Inversions- und dreizählige Symmetrieaxe.

Fig. 14.



Die diese Figur erzeugenden Spiegel sind s_1, s_2, welche den Winkel von 30° einschliessen und auf dem Papier senkrecht stehen, und s_3, welcher mit dem Papier zusammenfällt.

Eine solche symmetrische Figur kehrt in sich selbst zurück mit Hilfe von drei verschiedenen Deckoperationen, nämlich:

durch eine Drehung um die Symmetrieaxe A um den Winkel 120° oder ein Vielfaches davon,

durch eine Drehung um dieselbe Axe A um den Winkel von 60° oder ein ungerades Vielfaches davon, verbunden mit der auf A senkrechten Spiegelung,

endlich durch ein Symmetriecentrum, denn die Systeme $P_1 P_4$, $P_2 P_5$ und $P_3 P_6$ sind mit Bezug auf das Centrum C invers.

Die Symmetrieaxe A ist offenbar zweiwerthig.

5. Bemerkungen über Symmetriearten.

Wenn man auf ein System oder eine symmetrische Figur des nullten Grades die acht krystallographisch möglichen einfachen Operationen, welche wir mit den Symbolen S_{01}, S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06}, S_{21}, S_{42}, S_{63} bezeichnen wollen, anwendet, so entstehen acht symmetrische Figuren des ersten Grades. Nun fragt sich, was herauskommt, wenn man diese Operationen nicht auf eine asymmetrische Figur, sondern auf eine solche, welche Symmetrieeigenschaften besitzt, anwendet. Die Antwort ist klar: es müssen daraus symmetrische Figuren höheren Grades entstehen. Ja, es hat sich aus der Art und Weise, wie die symmetrischen Figuren des ersten Grades gebildet worden sind, der Weg eröffnet, wie man weiter vorzugehen hat, um alle symmetrischen Figuren zu construiren, die in dem krystallinischen Raume überhaupt möglich sind.

Wenn man die einfachen Operationen auf symmetrische Figuren des ersten Grades anwendet, entstehen symme-

trische Figuren des zweiten Grades; werden sie auf diese letzteren angewendet, so entstehen symmetrische Figuren des dritten Grades, und so immer fort, so lange es möglich ist.

Mit den Spiegelungen, vermittelst welcher die acht symmetrischen Figuren des ersten Grades erzeugt worden sind, wurde jedesmal der Raum in eine gewisse Anzahl, N, Theile getheilt. Zum Beispiel mit einem Spiegel ist der Raum in zwei Theile, mit zwei Spiegeln in vier, sechs, acht resp. zwölf Theile, und endlich mit drei Spiegeln in acht, zwölf, sechzehn resp. vierundzwanzig gleiche Theile getheilt worden.

Mit Hilfe einer einfachen Operation sind ferner eine gewisse Anzahl n von unter sich symmetrischen Systemen entstanden. So erzeugt ein Spiegel nur zwei Systeme, zwei Spiegel zwei, drei, vier resp. sechs Systeme, und endlich drei Spiegel ebenfalls zwei, drei, vier resp. sechs unter sich symmetrische Systeme.

Wir werden nun den Quotienten $\frac{n}{N}$ Exponent der Symmetrie nennen, und in den folgenden Kapiteln seine Bedeutung näher kennen lernen. Der Symmetrieexponent der Figur S_{01} ist daher 1, derjenige der Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06} ist $\frac{1}{2}$, und endlich der der Figuren S_{21}, S_{42}, S_{63} ist $\frac{1}{4}$. Für die Figur S_{00} ist sowohl n als auch N gleich der Einheit, und somit ist ihr Exponent gleich 1.

6. Tabelle der Symmetriearten des nullten und ersten Grades.

Zum Schlusse dieses Kapitels wollen wir noch folgende Zusammenstellung der gewonnenen Symmetriearten des ersten Grades, mit Einschluss der symmetrischen Figur des nullten Grades geben. Den meinigen habe ich auch die einfachen Symbole von Schoenflies gegenübergestellt. Die Symmetrie- und Inversionsaxen sind durch den Buchstaben a, das Inversionscentrum durch c, und die Symmetrieebene durch s bezeichnet.

Symmetriearten des nullten und ersten Grades.

	Symbole nach		Exponent	Symmetrieaxe		Inversionsaxe	Inversionscentrum	Symmetrieebene
	Viola	Schoenflies		einwerthig	zweiwerthig			
1.	S_{00}	C_1	1	—	—	—	—	—
2.	S_{01}	S	1	—	—	—	—	s
3.	S_{02}	C_2	$\frac{1}{2}$	a_2	—	—	—	—
4.	S_{03}	C_3	$\frac{1}{2}$	a_3	—	—	—	—
5.	S_{04}	C_4	$\frac{1}{2}$	a_4	—	—	—	—
6.	S_{06}	C_6	$\frac{1}{2}$	a_6	—	—	—	—
7.	S_{21}	S_2	$\frac{1}{4}$	—	—	—	c	—
8.	S_{42}	S_4	$\frac{1}{4}$	—	a_2	a_4	—	—
9.	S_{63}	S_6	$\frac{1}{4}$	—	a_3	a_6	c	—

III. Symmetrische Figuren des zweiten Grades.

1. Definition solcher Figuren.

Wenn man die einfachen Operationen auf die symmetrischen Figuren des ersten Grades anwendet, entstehen symmetrische Figuren des zweiten Grades.

Eine symmetrische Figur des zweiten Grades ist daher aus unter sich symmetrischen Figuren des ersten Grades gebildet, und da diese wiederum aus denen des nullten bestehen, so ist auch eine Figur des zweiten Grades aus Figuren des nullten zusammengesetzt.

Einfache Operationen und symmetrische Figuren des ersten Grades giebt es acht, nämlich S_{01}, S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06}, S_{21}, S_{42}, S_{63}; daraus folgt, dass alle symmetrischen Figuren des zweiten Grades mit Hilfe der Combinationen von je zwei der acht Symbole erzeugt werden können.

Die auf die acht Figuren angewendete Operation S_{01} muss dieselben Symmetriearten hervorrufen, welche die auf die Figur S_{01} angewendeten acht Operationen erzeugen. Und so erzeugen analog die auf die Figuren S_{21}, S_{42}, S_{63} angewendeten Operationen S_{02},S_{03},S_{04},S_{06} dieselben symmetrischen Figuren, wie wenn umgekehrt die Operationen S_{21}, S_{42}, S_{63} auf die Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06} angewendet werden. Daraus schliesst man, dass alle symmetrischen Figuren des zweiten Grades dadurch hervorgebracht werden können, dass die Operation S_{01} auf die Figuren S_{01}, S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06}, S_{21}, S_{42}, S_{63}, und die Operationen S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06} auf die Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06}, S_{21}, S_{42}, S_{63} angewendet werden.

Aus den ersten Combinationen gehen symmetrische Figuren hervor, welche wenigstens eine Symmetrieebene, und aus den letzteren solche, welche mehr als eine Symmetrieaxe besitzen.

Die Symmetrieebene S_{01} kann entweder mit der Axe der symmetrischen Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06}, S_{21}, S_{42}, S_{63} zusammenfallen, oder darauf senkrecht stehen, oder auch zu derselben geneigt sein.

Wir wollen nun dazu übergehen, die symmetrischen Figuren des zweiten Grades zu betrachten.

2. Symmetrische Figuren mit einer einwerthigen Symmetrieaxe und Meridiansymmetrieebenen.

Die Symmetrieebene S_{01} geht durch die Symmetrieaxe der Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06}. Einer der zwei Spiegel der Operationen S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06} kann mit der Symmetrieebene S_{01} zusammenfallen, dann ist aber auch der zweite Spiegel ebenfalls Symmetrieebene.

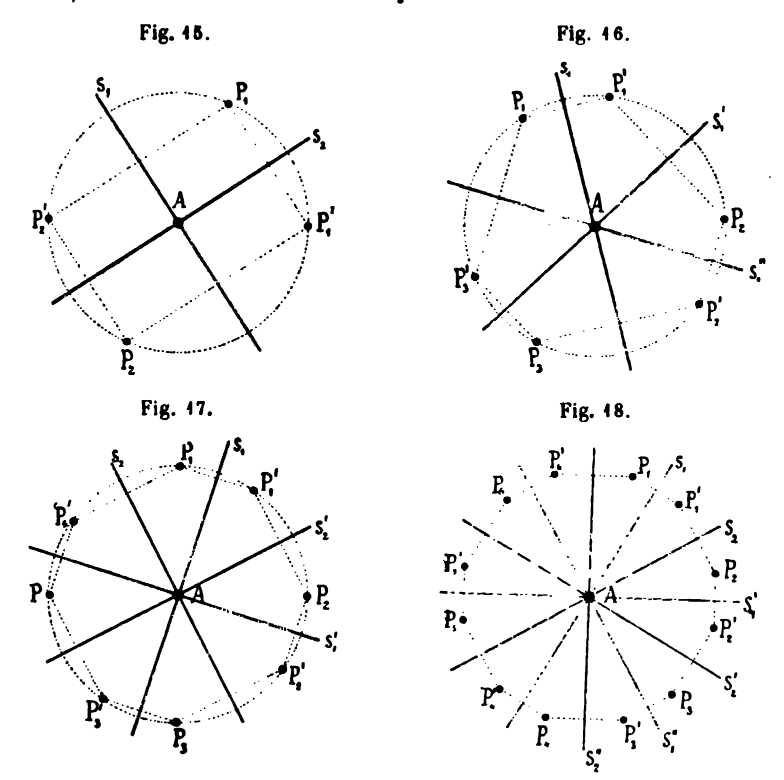
Dadurch ist die Operation mit zwei Spiegeln auf eine solche mit zwei Symmetrieebenen zurückgeführt, welche auf die asymmetrische Figur angewendet wird. Die zwei Symmetrieebenen schliessen einen Winkel von

90°, 60°, 45° oder 30° ein und bestimmen daher in ihrem Durchschnitte eine Symmetrieaxe, welche zwei-, drei-, vier- oder sechszählig sein wird.

Die Symmetrieaxe bewirkt nun bei den zwei Symmetrieebenen eine Drehung um 180°, 120°, 90° resp. 60° und erzeugt daher im Ganzen zwei, drei, vier resp. sechs Symmetrieebenen, welche wir Meridiansymmetrieebenen nennen werden, da sie durch die Axe gehen. Daher:

Es giebt vier symmetrische Figuren mit einer zwei-, drei-, vier- resp. sechszähligen Symmetrieaxe und mit einer solchen Anzahl von Meridiansymmetrieebenen, als die Axe zählig ist.

Diese vier symmetrischen Figuren kehren in sich selbst zurück durch eine Deckoperation, welche dieselbe ist wie für die Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06}, und überdies noch durch Meridianspiegelungen, welche zwei, drei, vier resp. sechs an der Zahl sind. Wie man sieht, giebt es keine Deckoperation, vermittelst welcher die Symmetrieaxe invertirt werden kann,



die letztere ist daher einwerthig. Die vier symmetrischen Figuren sind in Fig. 15, 16, 17 und 18 dargestellt, und jede Symmetrieebene darin ist durch zwei parallele Linien bezeichnet.

Wenn Deckoperationen vorhanden sind, vermittelst welcher eine Symmetrieebene in die anderen übergehen kann, so heissen solche Symmetrieebenen gleichwerthig. Die Symmetrieebene s_1 in der Fig. 15 ist offenbar nicht gleichwerthig mit der Ebene s_2; dagegen sind die Symmetrieebenen s_1, s_1', s_1'' ... in den Fig. 16, 17, 18 untereinander gleichwerthig, sowie die Symmetrieebenen s_2, s_2', s_2'' ihrerseits gleichwerthig sind.

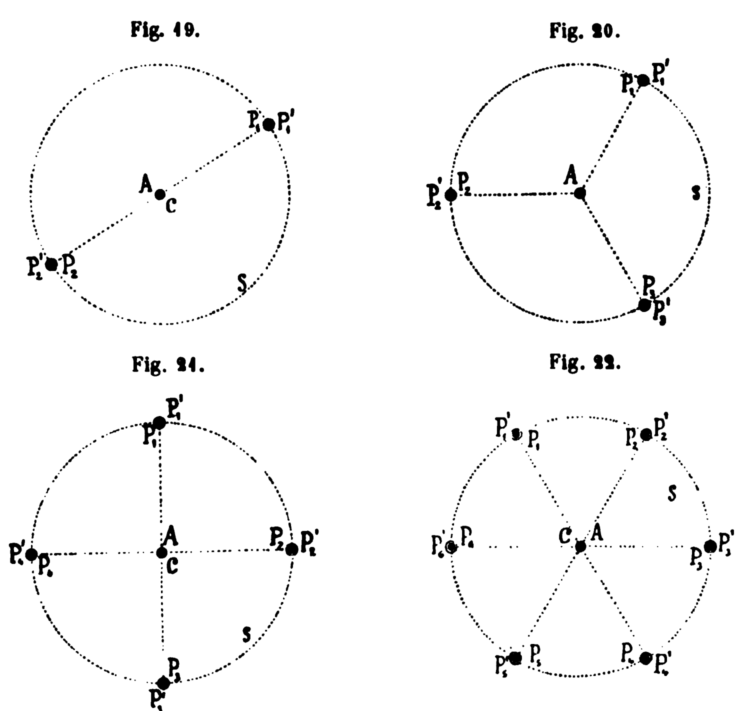
Diese vier symmetrischen Figuren werden mit den Symbolen $S_{02}{}^s$, $S_{03}{}^s$, $S_{04}{}^s$, $S_{06}{}^s$ bezeichnet.

3. Symmetrische Figuren mit einer zweiwerthigen Symmetrieaxe und einer Aequatorialsymmetrieebene.

Die Symmetrieebene S_{01}, welche auf die Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06} angewendet wird, steht auf der Symmetrieaxe dieser Figuren senkrecht; d. h. wir haben eine Operation, welche aus drei Spiegeln besteht, deren zwei auf dem dritten senkrecht stehen, und wobei der letztere als Symmetrieebene gilt. Eine solche Operation wird auf die asymmetrische Figur S_{00} angewendet. Da die Ebene S_{01} senkrecht auf der Axe der Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06} steht, kann diese keine weitere Symmetrieebene erzeugen. Also:

Fig. 19. Fig. 20.

Fig. 21. Fig. 22.



Es giebt vier symmetrische Figuren mit einer zwei-, drei-, vier- resp. sechszähligen Symmetrieaxe und einer

darauf senkrechten Symmetrieebene. Dieselben sind in den Fig. 19, 20, 21, 22 dargestellt, wobei die vollausgefüllten Punkte P_1, P_2, P_3 ... die über der Papierebene gedachten Systeme, und die Ringelchen P_1', P_2', P_3' ... um die Punkte herum die unter derselben gedachten Systeme bezeichnen. Das Papier stellt also die Aequatorialsymmetrieebene dar.

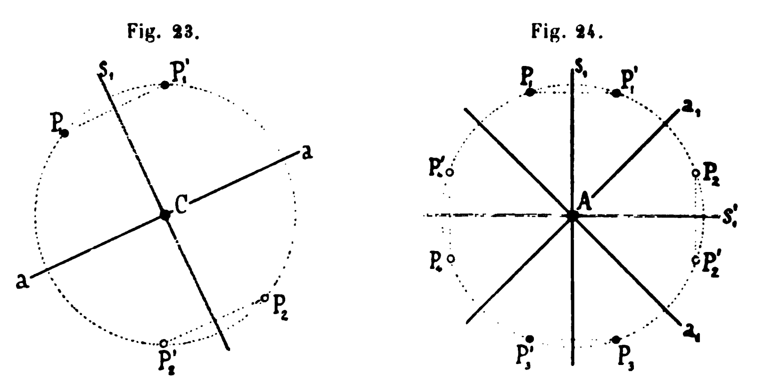
Solche symmetrische Figuren kehren in sich selbst zurück vermittelst derselben Deckoperationen, wie die Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06}, und überdies noch durch eine Spiegelung in der Aequatorialsymmetrieebene. In Folge der letzteren Deckoperation wird die Symmetrieaxe invertirt und daher ist diese zweiwerthig.

Wir bezeichnen diese vier symmetrischen Figuren mit den Symbolen S_{02}^{σ}, S_{03}^{σ}, S_{04}^{σ}, S_{06}^{σ}.

4. Symmetrische Figuren mit einer Inversionsaxe und Meridiansymmetrieebenen.

Die Ebene S_{01} wird auf die Figuren S_{21}, S_{42}, S_{63} parallel zur Axe angewendet. Nehmen wir an, die Inversionsaxe sei im Allgemeinen $2n$-zählig, daher als Symmetrieaxe n-zählig, und die symmetrische Figur sei $S_{2n,n}$.

Wenn die Symmetrieebene durch die Symmetrieaxe geht, so entstehen so viele Meridiansymmetrieebenen, als die Symmetrieaxe zählig ist, also in unserem Falle n. Ferner kann einer der Spiegel der Figur $S_{2n,n}$, z. B. s_1, mit der Symmetrieebene zusammenfallen; dann werden die zwei anderen Spiegel s_2 und s_3, da sie aufeinander senkrecht stehen, eine zweizählige Symmetrieaxe erzeugen, welch letztere offenbar auf der Inversionsaxe senkrecht steht. Die n-zählige Symmetrieaxe erzeugt daher n zweizählige Symmetrieaxen, also eine in der Figur S_{21}, zwei in der Figur S_{42} und drei in der



Figur S_{63}. Diese zweizähligen Symmetrieaxen, welche in der, auf der Axe A senkrechten Inversionsebene liegen, heissen Nebenaxen; sie können durch die Inversionsaxe A oder durch sich selbst invertirt werden und sind daher zweiwerthig.

Die genannten drei symmetrischen Figuren können mit den Symbolen $S_{21}{}^{s}$, $S_{42}{}^{s}$, $S_{63}{}^{s}$ bezeichnet werden; dieselben sind in den Fig. 23, 24, 25 dargestellt.

Die Figur $S_{21}{}^{s}$ hat also eine Symmetrieebene und eine darauf senkrechte zweizählige und zweiwerthige Symmetrieaxe; sie ist daher der symmetrischen Figur $S_{02}{}^{\sigma}$ gleich.

Fig. 25.

Die zwei Figuren $S_{42}{}^{s}$ und $S_{63}{}^{s}$ kehren in sich selbst zurück durch dieselben Deckoperationen wie die Figuren S_{42} und S_{63}, überdies vermittelst Meridianspiegelungen und durch Drehungen um 180° um die zweizähligen Nebensymmetrieaxen.

Durch die Deckoperation der Inversion gehen die zweizähligen Nebenaxen in einander über, und sie heissen daher gleichwerthig, wie es bei den gleichwerthigen Symmetrieebenen der Fall war.

Wenn eine Symmetrieebene (Operation S_{01}) senkrecht auf der Inversionsaxe der Figuren S_{21}, S_{42}, S_{63} steht, werden wir offenbar die nämlichen symmetrischen Figuren erhalten, welche wir mit den Symbolen $S_{02}{}^{\sigma}$, $S_{04}{}^{\sigma}$, $S_{06}{}^{\sigma}$ bezeichnet haben.

5. Symmetrische Figur mit mehreren Symmetrieaxen und mehreren Symmetrieebenen.

Bis jetzt wurde die Operation S_{01} sowohl parallel als auch senkrecht zur Symmetrieaxe der symmetrischen Figuren des ersten Grades S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06}, S_{21}, S_{42}, S_{63} angewendet und dadurch zehn symmetrische Figuren des zweiten Grades, nämlich $S_{02}{}^{s}$, $S_{03}{}^{s}$, $S_{04}{}^{s}$, $S_{06}{}^{s}$, $S_{02}{}^{\sigma}$, $S_{03}{}^{\sigma}$, $S_{04}{}^{\sigma}$, $S_{06}{}^{\sigma}$, $S_{42}{}^{s}$, $S_{63}{}^{s}$ erhalten.

Es bleibt uns nun übrig, die Operation S_{01} bei denselben Figuren des ersten Grades vorzunehmen, mit der Bedingung, dass die Symmetrieebene zur Symmetrieaxe dieser Figuren geneigt sei. Wenn man mit S_{01}, auf die Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06} angewendet, operirt, so wird man dasselbe Resultat erhalten, wie wenn eine Operation von drei Spiegeln, deren einer Symmetrieebene ist, auf die Figur S_{00} angewendet wird.

Wenn dagegen mit S_{01} auf die Figuren S_{21}, S_{42} und S_{63} operirt wird, erhält man dasselbe Resultat, wie wenn man vier Spiegel, deren einer Symmetrieebene ist, auf die Figur S_{00} anwendet. Aber vier Spiegel sind immer auf nicht mehr als drei zurückführbar.

Die Aufgabe gestaltet sich daher folgendermassen: Es ist eine Ope-

ration von drei Spiegeln, deren einer als Symmetrieebene gilt, gegeben und man soll die symmetrischen Figuren construiren.

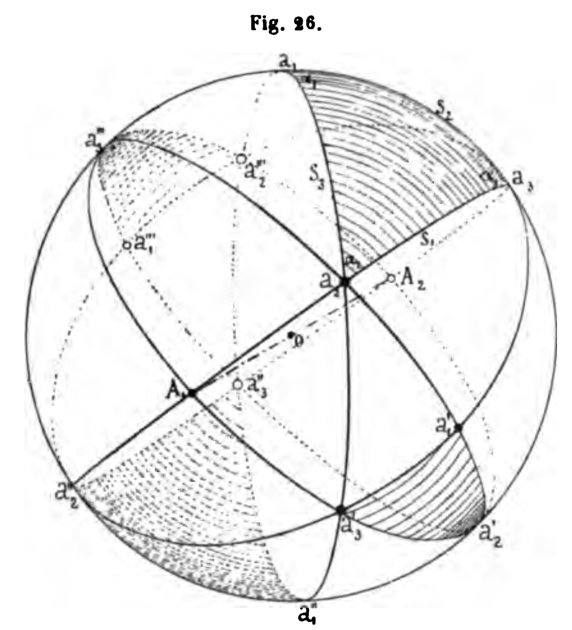
Die Winkel, welche diese drei Spiegel einschliessen, sind α_1, α_2, α_3 wobei $\alpha_1 = 90^0$ ist. Es sollen die übrigen zwei Winkel α_2 und α_3 be stimmt werden.

Zu diesem Zwecke bemerken wir, dass der Bogen $b a_1$, Fig. 11, nich anders sein kann als 90^0, 60^0, 45^0 oder 30^0. Natürlich muss man $b a_1 = 90$ ausschliessen, da man sonst schon behandelte Fälle wiederholen würde Als Symmetrieebene kann natürlich s_1 nicht angenommen werden, da si sonst durch die Inversionsaxe $A_1 A_2$ ginge, und man die zwei Symmetriearte $S_{42}{}^s$ und $S_{63}{}^s$ erhielte. Wir werden daher einen der zwei Spiegel s_2 oder s_3 z. B. s_3, als Symmetrieebene annehmen müssen.

Bei dieser Annahme bestimmen die zwei Spiegel s_1 und s_2 eine durc a_3 gehende Symmetrieaxe, welche zwei-, drei-, vier- oder sechszählig sei kann, daher jene den Winkel $\alpha_3 = 90^0$, 60^0, 45^0 oder 30^0 bilden. Wi schliessen natürlich $\alpha_3 = 90^0$ aus, da man sonst wieder zu den vorher gehenden Fällen zurückgelangt.

Für $b a_1 = 60^0$ und $\alpha_3 < 90^0$ ist das sphärische Dreieck $a_1 a_2 a_3$ un möglich, es bleiben daher nur die Fälle $b a_1 = 45^0$ und $b a_1 = 30^0$ übrig Im ersten Falle wird $\alpha_2 = \alpha_3 = 60^0$, und im zwei ten Falle $\alpha_2 = 60^0$ un $\alpha_3 = 45^0$ oder umgekehrt

Fig. 26.



1) $\alpha_1 = 90^0$, $\alpha_2 = \alpha_3 = 60^0$. Dieser Fall is in schiefer Projection i der Fig. 26 dargestellt wo $A_1 A_2$ die vierzählig Inversions- und zweizäh lige Symmetrieaxe ist Wenn s_3 Symmetrieeben sein soll, so müssen natür licherweise die Ebene $a_1'a_2'$, $a_1''a_2''$ und $a_1'''a_2'$ es auch sein. Die vor letzte ist die Ebene s_2. Wi sehen also, dass mit de vorliegenden Annahm s_3 nicht allein Symme trieebene sein kann, sondern dass sowohl s_2 als auch s_1 es ebenfalls sei müssen.

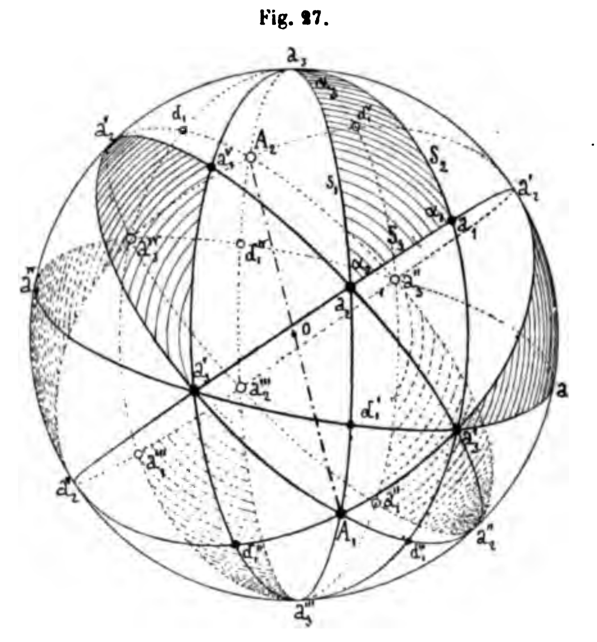
Wir sind daher bei einer Operation mit drei Spiegeln angelangt, wo

bei alle drei Symmetrieebenen sind. Daraus folgt, dass die durch a_2 resp. a_3 gehenden Geraden dreizählige Symmetrieaxen sind. Kraft der Axe $A_1 A_2$ müssen dann die durch a_2' resp. a_3' gehenden Geraden auch dreizählige Axen sein; und ebenso sind vierzählige Inversions- und zweizählige Symmetrieaxen die durch a_1 resp. a_1' gehenden Geraden, da $A_1 A_2$ eine solche Axe ist.

Es ist leicht, sich davon Rechenschaft zu geben, dass die dreizähligen Symmetrieaxen mit den Diagonalen eines Würfels übereinstimmen, und dass die zweizähligen Symmetrieaxen parallel zu den Seiten des Würfels sind.

Ferner ist leicht daraus ableitbar, dass die sechs Symmetrieebenen die gegenüberliegenden Kanten des Würfels verbinden. Die sechs Symmetrieebenen sind untereinander gleichwerthig, wie auch die dreizähligen und die zweizähligen Symmetrieaxen unter sich selbst ebenfalls. Es wäre überflüssig zu erwähnen, dass die zweizähligen Symmetrieaxen als Inversionsaxen natürlich zweiwerthig sind. Die dreizähligen Symmetrieaxen dagegen sind, da sie nicht durch eine Deckoperation invertirt werden können, einwerthig.

Fig. 27.



Diese symmetrische Figur muss in die Symmetriearten des dritten Grades eingereiht werden, aus Gründen, die wir am passenden Orte erwähnen werden.

2) $\alpha_1 = 90^0$, $\alpha_2 = 60^0$, $\alpha_3 = 45^0$. Dieser Fall ist in schiefer Projection in der Fig. 27 dargestellt. $A_1 A_2$ ist die sechszählige Inversions- und dreizählige Symmetrieaxe. Wenn s_3 Symmetrieebene sein soll, so bestimmen die zwei Spiegel s_1 und s_2 eine vierzählige Symmetrieaxe, welche durch a_3 geht. Da $a_1 a_2$ Symmetrieebene ist, werden $a_1' a_2'$, $a_1'' a_2''$, $a_1''' a_2'''$, $a_1^{IV} a_2^{IV}$ und $a_1^{V} a_2^{V}$ es auch sein müssen. Daraus folgt, dass die Durchschnittsgerade, welche durch a_2 geht, eine dreizählige Symmetrieaxe ist, und dass daher s_1 und folglich auch s_2 Symmetrieebenen sein müssen.

Wir haben also auch bei dieser Annahme eine aus drei Spiegeln be-

stehende Operation, wobei alle drei Spiegel als Symmetrieebenen gelten. Die Folge davon ist, dass a_1 eine zweizählige, und a_3 eine vierzählige Symmetrieaxe ist. Wegen der letzteren werden sechszählige Inversions- und dreizählige Symmetrieaxen, wie $A_1 A_2$, auch $a_2' a_2^{IV}$, $a_2 a_2'''$ und $a_2'' a_2^{V}$, d. h. die Diagonalen eines Würfels. Und da $a_3 a_3'''$ vierzählige Axe ist, so sind solche auch $a_3' a_3^{IV}$ und $a_3''\, a_3^{V}$, d. h. die zu den Kanten des Würfels parallelen Axen. Und endlich werden, wie $a_1 a_1'''$, auch $a_1' a^{IV}$, $a_1'' a_1^{V}$, $d_1 d_1'''$, $d_1'' d_1^{IV}$, $d_1' d_1^{IV}$, d. h. alle zu den Diagonalen der Quadrate des Würfels parallelen Geraden, zweizählige Symmetrieaxen.

Es ist ferner leicht, sich Rechenschaft davon zu geben, dass alle jene, zwei gegenüberliegende Kanten des Würfels verbindenden Flächen, d. h. sechs an der Zahl, und alle zu den Flächen des Würfels parallelen Ebenen, also drei, Symmetrieebenen sein werden. Und wegen der sechszähligen Inversionsaxen oder der drei aufeinander senkrechten Symmetrieebenen hat diese Figur auch das Inversionscentrum. Als gleichwerthig unter sich gelten: die dreizähligen, die zweizähligen und die vierzähligen Symmetrieaxen, ferner die sechs Symmetrieebenen, und die drei Symmetrieebenen ihrerseits.

Auch diese Figur ist in die Symmetriearten des dritten Grades einzureihen, wie wir an der richtigen Stelle sehen werden.

3) $\alpha_1 = 90^0$, $\alpha_2 = 60^0$, $\alpha_3 = 45^0$ und s_2 = Symmetrieebene. Auch für diesen Fall kann die Fig. 27 zu Hilfe gezogen werden.

Symmetrieebenen werden auch $a_1' a_3'$. $a_1^{IV} a_3^{IV}$ und $a_1'' a_3''$. $a_1^{V} a_3^{V}$ sein müssen, während $a_1''' a_3'''$ mit s_3 zusammenfällt. Die zwei Spiegel s_1 und s_3 bestimmen eine dreizählige Symmetrieaxe, welche durch a_2 geht. Kraft der Axe $A_1 A_2$ werden auch sechszählige Inversions- und dreizählige Symmetrieaxen $a_2' a_2^{IV}$, $a_2'' a_2^{V}$ und $a_2 a_2'''$ vorhanden sein, d. h. die Diagonalen eines Würfels. Die drei zu den Flächen des Würfels parallelen Symmetrieebenen bestimmen in ihren Durchschnitten drei zu den Kanten des Würfels parallele, zweizählige Symmetrieaxen. Die dreizähligen Symmetrieaxen sind natürlich zweiwerthig und unter sich gleichwerthig. Dies ist auch der Fall bei den zweizähligen Symmetrieaxen. Auch die drei Symmetrieebenen sind unter sich gleichwerthig, da sie ineinander übergehen können durch jede der vier dreizähligen Symmetrieaxen.

Eine solche symmetrische Figur werden wir mit dem Symbole S_{33}^{σ} bezeichnen.

6. Symmetrische Figuren mit mehreren Symmetrieaxen, ohne Symmetriecentrum und -ebene.

Die auf die symmetrischen Figuren des ersten Grades anzuwendenden und zur Erzeugung von symmetrischen Figuren des zweiten Grades noch möglichen Operationen sind S_{02}, S_{03}, S_{04} und S_{06}. Nun bemerke man, dass

einer der Spiegel dieser Operationen mit einem der Spiegel der betreffenden symmetrischen Figuren des ersten Grades zusammenfallen kann; daraus aber folgt, dass die hier in Betracht kommenden Operationen entweder aus drei paarweise wirkenden Spiegelungen zusammengesetzt oder mit den früher behandelten identisch sind.

Es bleiben also Operationen mit drei Spiegeln, wobei diese letzteren paarweise aufgefasst werden.

In den Durchschnitten dieser drei Spiegel werden drei Symmetrieaxen bestimmt; wir haben also die Regel:

Wenn zwei Symmetrieaxen gegeben sind, so muss wenigstens noch eine dritte vorhanden sein.

Aus der Bedingung, dass zwei der drei gegebenen Spiegel immer aufeinander senkrecht stehen, geht ferner hervor, dass in jedem Krystall, dessen Symmetrie sich durch mehr als eine Symmetrieaxe auszeichnet, wenigstens eine derselben zweizählig sein muss.

Da die durch die drei Spiegel bestimmten drei Symmetrieaxen zwei-, drei-, vier- oder sechszählig sein können, folgt daraus, dass die drei Spiegel folgende Winkel einschliessen können:

1. $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^0$, $\alpha_3 = 90^0, 60^0, 45^0, 30^0$,
2. $\alpha_1 = 90^0$, $\alpha_2 = \alpha_3 = 60^0$,
3. $\alpha_1 = 90^0$, $\alpha_2 = 60^0$, $\alpha_3 = 45^0$,

indem ihre Summe grösser als 180^0 sein muss.

Man hat also hier sechs neue Symmetriearten zu erwarten.

1. $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^0$, $\alpha_3 = 90^0, 60^0, 45^0, 30^0$.

Für $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^0$ hat man nur drei zweizählige Symmetrieaxen, welche untereinander senkrecht stehen. Sie sind natürlicherweise zweiwerthig, da jede derselben durch die übrigen invertirt werden kann. Die Fig. 28 stellt eine solche Symmetrie dar, wobei die drei ungleichwerthigen Symmetrieaxen A, a_1 und a_2 anders gezeichnet sind.

Für $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^0$ und $\alpha_3 = 60^0, 45^0, 30^0$ besteht die symmetrische Figur aus einer drei-, vier- resp. sechszähligen Symmetrieaxe, welche Hauptaxe genannt wird. Die zwei übrigen zweizähligen Symmetrieaxen stehen auf der letzteren senkrecht. Kraft dieser werden so viele zweizählige Symmetrieaxen erzeugt, als die Hauptaxe zählig ist, d. h. drei, vier resp. sechs, welche Nebensymmetrieaxen genannt werden, die in einer auf der Hauptaxe senkrechten Ebene liegen.

Die hier betrachteten vier symmetrischen Figuren werden durch die Symbole S_{22}, S_{23}, S_{24}, S_{26} bezeichnet werden können, indem der Index 2 auf die Nebenaxen und der Index 2, 3, 4 resp. 6 auf die Hauptaxe anspielt.

Die Hauptsymmetrieaxe ist offenbar zweiwerthig, da sie durch jede der Nebenaxen invertirt werden kann.

Auch die Nebenaxen der beiden Figuren S_{24}, S_{26} sind zweiwerthig, während diejenigen der Figur S_{23} nur einwerthig sind.

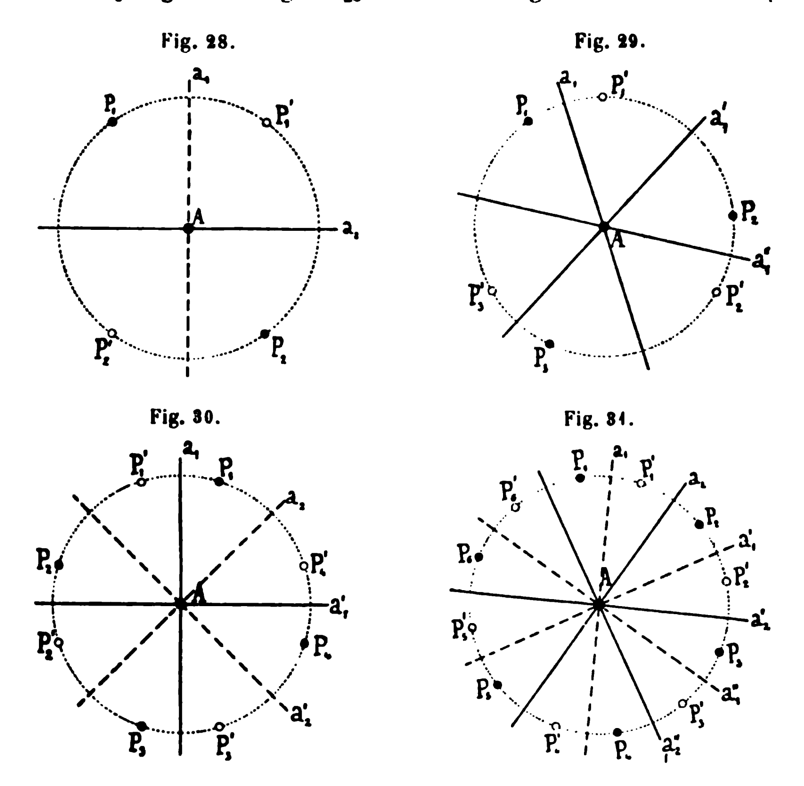


Fig. 28. Fig. 29. Fig. 30. Fig. 31.

Ferner sind gleichwerthig die drei Nebenaxen der Figur S_{23}, und ihrerseits zu je zwei diejenigen der Figur S_{24}, sowie zu je drei die der Figur S_{26}.

Die letzten drei Symmetriearten sind in den Fig. 29, 30 und 31 dargestellt, worin die Hauptaxe A auf dem Papier senkrecht steht, während die auf dem Papier liegenden Nebenaxen gleich ausgezogen sind (a_1, a_1', a_1'' . . . und a_2, a_2', a_2'' . . .), wenn sie gleichwerthig sind.

2. $\alpha_1 = 90^0$, $\alpha_2 = \alpha_3 = 60^0$. In den Durchschnitten der drei Spiegel s_1, s_2, s_3 werden drei Symmetrieaxen bestimmt, deren zwei, a_2 und a_3, dreizählig sind und die dritte, a_3, zweizählig ist. In Folge der letzteren werden dreizählige Symmetrieaxen auch a_2' und a_3' sein, Fig. 32. Man kann sich leicht Rechenschaft darüber geben, dass die dreizähligen Axen mit den Diagonalen des Würfels zusammenfallen, wie in der stereographischen Projection der nebenstehenden Fig. 32 zu sehen ist.

Kraft irgend einer der dreizähligen Axen werden durch die zweizählige Axe a_1 die zweizähligen Axen a_1' und a_1'' bestimmt, die parallel mit den Kanten des Würfels laufen. Sowohl die zweizähligen als die dreizähligen Axen gehen ineinander über durch die möglichen Deckoperationen der Figur, so dass solche Axen unter sich gleichwerthig sind. Die zweizähligen Axen können durch sich selbst invertirt werden, während die dreizähligen Axen einwerthig sind.

Eine solche symmetrische Figur kann durch das Symbol S_{32} bezeichnet werden.

3. $\alpha_1 = 90^0$, $\alpha_2 = 60^0$, $\alpha_3 = 45^0$. In den Durchschnitten der drei Spiegel s_1, s_2, s_3 sind dreierlei Symmetrieaxen, nämlich drei-, vier- und zweizählige bestimmt.

Mit diesen Axen werden im Ganzen sechs zweizählige, unter sich gleichwerthige und mit den Diagonalen der Quadrate eines Würfels zusammenfallende Axen, vier dreizählige, unter sich gleichwerthige und mit den Diagonalen des Würfels übereinstimmende, und endlich drei vierzählige,

Fig. 32.

Fig. 33.

ebenfalls unter sich gleichwerthige und parallel zu den Kanten des Würfels laufende, Axen erzeugt (siehe Fig. 33). Alle solche Symmetrieaxen sind zweiwerthig.

Eine solche in stereographischer Projection dargestellte symmetrische Figur kann durch das Symbol S_{34} bezeichnet werden.

7. Exponenten der symmetrischen Figuren des zweiten Grades.

Die vier mit $S_{02}{}^s, S_{03}{}^s, S_{04}{}^s, S_{06}{}^s$ bezeichneten symmetrischen Figuren des zweiten Grades sind aus den Operationen mit zwei Symmetrieebenen hervorgegangen. Die beiden Ebenen theilen den Raum in vier, sechs, acht resp. zwölf Theile. Mit Hilfe derselben entstehen im Ganzen vier, sechs, acht resp. zwölf, die betreffenden vier symmetrischen Figuren des zweiten Grades zusammensetzende, unter sich symmetrische Systeme, so dass daraus hervorgeht, dass der Exponent dieser vier Symmetriearten gleich 1 ist.

Drei Spiegel, von denen einer Symmetrieebene ist und zwei senkrecht auf dem dritten stehen, theilen den Raum, wie wir gesehen haben, in 8, 12, 16 resp. 24 Theile. Wenn einer der drei Spiegel Symmetrieebene ist, so sind die sechs Figuren S_{02}^{σ}, S_{03}^{σ}, S_{04}^{σ}, S_{06}^{σ}, S_{42}^{s}, S_{63}^{s}, welche daraus entstehen, aus vier, sechs, acht resp. zwölf unter sich symmetrischen Systemen zusammengesetzt, so dass der Exponent dieser sechs Figuren gleich $\frac{1}{2}$ ist.

Wirken die drei Spiegel paarweise, so entstehen die symmetrischen Figuren S_{22}, S_{23}, S_{24}, S_{26}, S_{33}, S_{34}, deren Exponent wieder $\frac{1}{2}$ ist, wie leicht gesehen werden kann.

Wenn die Operationen aus drei Spiegeln gebildet sind, deren zwei nicht senkrecht auf dem dritten stehen, so können die von den drei Spiegeln eingeschlossenen Winkel

$$\alpha_1 = 90^0, \ \alpha_2 = \alpha_3 = 60^0 \text{ oder } \alpha_1 = 90^0, \ \alpha_2 = 60^0, \ \alpha = 45^0$$

sein. Wir wollen diese zwei Fälle näher ins Auge fassen.

Im ersteren theilen die drei Spiegel den Raum in 24 Theile, im zweiten Falle aber in 48. Die symmetrische Figur des ersten Grades, welche aus drei successive wirkenden Spiegeln im ersten Falle gebildet wird, ist S_{42}, und da sie aus vier unter sich symmetrischen Systemen besteht, so ist ihr Exponent $\frac{1}{6}$, während man in der früheren Entwicklung $\frac{1}{4}$ gefunden hat.

Uebersicht der Symmetriearten des zweiten Grades.

	Symbole nach		Exponent.	Symmetrieaxen		Inversionsaxen	Inversionscentrum	Symmetrieebenen
	Viola	Schönflies		einwerthig	zweiwerthig			
10.	S_{02}^{s}	C_2^{r}	1	a_2	—	—	—	s', s''
11.	S_{03}^{s}	C_3^{v}	1	a_3	—	—	—	$3s$
12.	S_{04}^{s}	C_4^{r}	1	a_4	—	—	—	$2s'$, $2s''$
13.	S_{06}^{s}	C_6^{v}	1	a_6	—	—	—	$3s'$, $3s''$
14.	S_{02}^{σ}	C_2^{h}	$\frac{1}{2}$	—	a_2	—	c	σ
15.	S_{03}^{σ}	C_3^{h}	$\frac{1}{2}$	—	a_3	—	—	σ
16.	S_{04}^{σ}	C_4^{h}	$\frac{1}{2}$	—	a_4	—	c	σ
17.	S_{06}^{σ}	C_6^{h}	$\frac{1}{2}$	—	a_6	—	c	σ
18.	S_{42}^{s}	S_4^{u}	$\frac{1}{2}$	—	a_2, $2b_3$	a_4	—	$2s$
19.	S_{63}^{σ}	S_6^{u}	$\frac{1}{2}$	—	a_3, $3b_2$	a_6	c	$3s$
20.	S_{33}^{σ}	T^{h}	$\frac{1}{2}$	—	$4a_3$, $3b_2$	$4a_6$	c	3σ
21.	S_{22}	V	$\frac{1}{2}$	—	a_2, a_2', a_2''	—	—	—
22.	S_{23}	D_3	$\frac{1}{2}$	$3b_2$	a_3	—	—	—
23.	S_{24}	D_4	$\frac{1}{2}$	—	a_4, $2b_2$, $2b_2'$	—	—	—
24.	S_{26}	D_6	$\frac{1}{2}$	—	a_6, $3b_2$, $3b_2'$	—	...	—
25.	S_{33}	T	$\frac{1}{2}$	$4a_3$	$3b_2$	—	—	—
26.	S_{34}	O	$\frac{1}{2}$	—	$4a_3$, $3a_4'$, $6a_2''$	—	—	—

Im zweiten Falle erzeugen die drei Spiegel unter denselben Verhältnissen die symmetrische Figur S_{63}, deren Exponent offenbar $\frac{1}{8}$ ist, während man früher $\frac{1}{4}$ gefunden hat.

Aus der Figur S_{63} entsteht die symmetrische Figur $S_{33}{}^{\sigma}$, wenn einer der Spiegel Symmetrieebene wird; der Exponent dieser Figur ist $\frac{1}{2}$.

IV. Symmetrische Figuren des dritten Grades.

Wenn man die einfachen Operationen auf die symmetrischen Figuren des zweiten Grades anwendet, entstehen symmetrische Figuren des dritten Grades.

Die durch die Spiegelungen einer einfachen Operation und durch die, zu einer Figur des zweiten Grades gehörigen Spiegelungen gebildeten Combinationen können auf solche, aus drei oder mehreren Spiegelungen bestehende, auf die asymmetrische Figur angewendete Operationen zurückgeführt werden.

Nun können mehrere Spiegel auf höchstens drei reducirt werden, so dass wir die genannten Operationen nur aus zwei oder drei Spiegelungen bestehend denken können. Um symmetrische Figuren des dritten Grades zu erzeugen, werden wir natürlich alle jene Operationen auszuschliessen haben, welche zur Erzeugung von symmetrischen Figuren des zweiten Grades schon verwerthet worden sind. Es bleiben also nur noch Operationen übrig, welche aus drei Spiegelungen bestehen, und deren zwei und folglich alle drei Symmetrieebenen sind; solche Operationen hat man an der symmetrischen Figur des nullten Grades auszuführen.

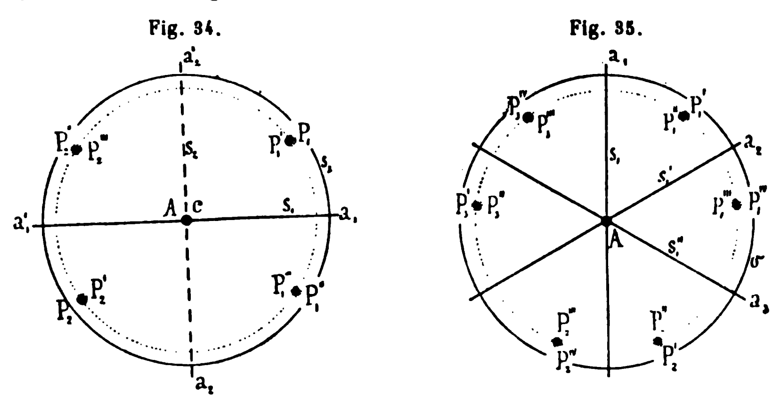


Fig. 34. Fig. 35.

In den Durchschnitten der drei Symmetrieebenen werden drei Symmetrieaxen bestimmt, die nur zwei-, drei-, vier- oder sechszählig sein können, woraus folgt, dass die von den drei Spiegeln eingeschlossenen Winkel folgende sein können:

1. $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^0$, $\alpha_3 = 90^0, 60^0, 45^0, 30^0$,

2. $\alpha_1 = 90^0, \alpha_2 = \alpha_3 = 60^0,$
3. $\alpha_1 = 90^0, \alpha_2 = 60^0, \alpha_3 = 45^0.$

Wir haben also noch sechs neue Symmetriearten zu erwarten, welche nach unserer Definition dem dritten Grade angehören.

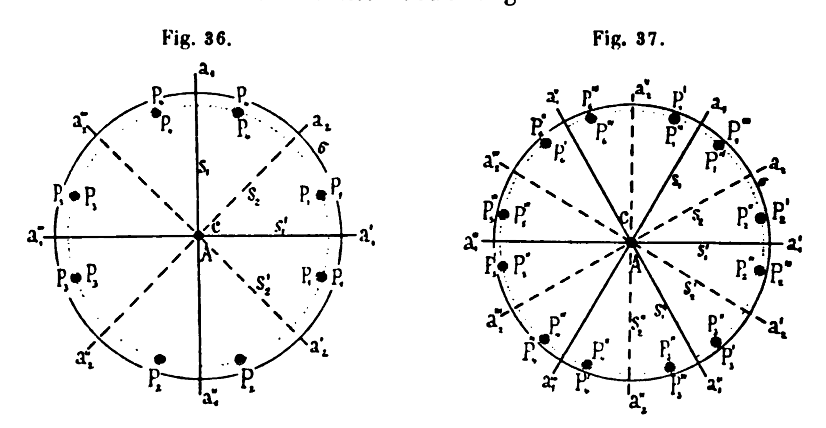


Fig. 36. Fig. 37.

Aus diesen Entwicklungen geht hervor, dass alle möglichen Operationen mit drei Spiegelungen vollständig erschöpft sind, und da wir im Raume mit mehr als drei Spiegelungen keine neuen Operationen mehr antreffen, folgt daraus, dass Symmetriearten über den dritten Grad überhaupt im Raume unmöglich sind.

Nun wollen wir diese noch übrig bleibenden sechs Symmetriearten näher betrachten.

Da die durch drei Spiegelungen erzeugbaren Symmetriearten des zweiten Grades den Exponenten $\frac{1}{2}$ haben, so folgt daraus, dass der Exponent der Symmetriearten des dritten Grades 1 sein wird, da, wenn an die Stelle eines Spiegels die Symmetrieebene tritt, die Anzahl der unter sich symmetrischen Systeme verdoppelt werden muss.

Die sechs Symmetriearten des dritten Grades entspringen aus den, den Exponenten $\frac{1}{2}$ besitzenden, Symmetriearten des zweiten Grades in der Weise, dass nur ein Spiegel Symmetrieebene wird. Dazu können wir aber am besten die sechs Symmetriearten S_{22}, S_{23}, S_{24}, S_{26}, S_{33}, S_{34} benutzen, wodurch auch die Symbole der neuen Symmetriearten sich sehr leicht herausstellen.

Indem wir wie früher verfahren, werden diese letzteren folgende sein können:

$$S_{22}{}^s,\ S_{23}{}^s,\ S_{24}{}^s,\ S_{26}{}^s,\ S_{33}{}^s,\ S_{34}{}^s.$$

Diese sechs symmetrischen Figuren werden so viele Symmetrieaxen haben, als in den Figuren $S_{22} \ldots S_{34}$ enthalten sind. Die Symmetrie S_{22}, Fig. 34, wird drei gleichwerthige Orthogonalsymmetrieebenen und, wie die Figur $S_{02}{}^\sigma$, ein Symmetriecentrum haben.

Die symmetrischen Figuren $S_{23}{}^s$, $S_{24}{}^s$, $S_{26}{}^s$ (Fig. 35, 36, 37) werden natürlich die gleiche Anzahl Meridiansymmetrieebenen haben, wie die Figuren $S_{03}{}^s$, $S_{04}{}^s$, $S_{06}{}^s$, welch erstere in derselben Weise, wie in den letztgenannten Figuren, unter sich gleichwerthig sind. Ueberdies werden sie eine Aequatorialsymmetrieebene, wie die Figuren $S_{03}{}^\sigma$, $S_{04}{}^\sigma$, $S_{06}{}^\sigma$, haben.

Die zwei Figuren $S_{24}{}^s$ und $S_{26}{}^s$ werden auch symmetrisch mit Bezug auf das Inversionscentrum, wie die beiden Figuren $S_{04}{}^\sigma$ und $S_{06}{}^\sigma$.

In den vorhergehenden Fig. 34, 35, 36, 37 sind die Symmetrieebenen und die Symmetrieaxen gleich ausgezogen.

Was die beiden, in den folgenden Fig. 38, 39 dargestellten symmetrischen Figuren $S_{33}{}^s$, $S_{34}{}^s$ anbetrifft, so sind sie durchaus nicht ver-

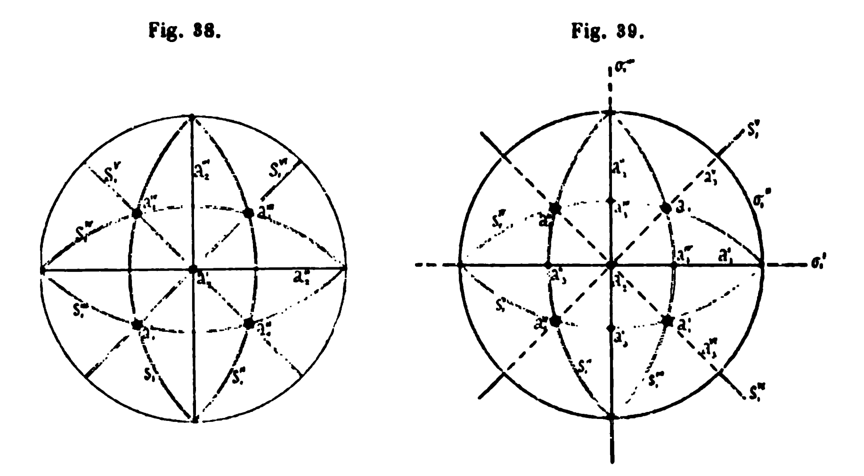


Fig. 38. Fig. 39.

schieden von den beiden, mit der Figur $S_{33}{}^\sigma$ im vorigen Kapitel gleichzeitig behandelten.

Es ist klar, dass diese zwei symmetrischen Figuren nicht in diejenigen des zweiten Grades eingereiht werden dürfen, denn ihre Erzeugung ist wirklich diejenige der Figuren des dritten Grades, was so viel heissen will, als dass drei Spiegel, deren zwei nicht auf dem dritten senkrecht stehen, und deren einer Symmetrieebene ist, nicht drei mögliche Operationen bedingen können, sondern nur eine einzige, und zwar diejenige, welcher die symmetrische Figur $S_{33}{}^\sigma$ ihren Ursprung verdankt.

Wir wollen noch eine Uebersicht der sechs symmetrischen Figuren des dritten Grades folgen lassen.

Symmetriearten des dritten Grades.

	Symbole nach Viola	Symbole nach Schoenflies	Exponent	Symmetrieaxen einwerthig	Symmetrieaxen zweiwerthig	Inversionsaxen	Inversionscentrum	Symmetrieebenen
27.	S_{22}^s	V^h	1	—	a_2, a_2', a_2''	—	c	s, s', s''
28.	S_{23}^s	D_3^h	1	$3b_2$	a_3	—	—	$\sigma, 3s$
29.	S_{24}^s	D_4^h	1	—	$a_4, 2b_2, 2b_2'$	—	c	$\sigma, 2s, 2s'$
30.	S_{26}^s	D_6^h	1	—	$a_6, 3b_2, 3b_2'$	—	c	$\sigma, 3s, 3s'$
31.	S_{33}^s	T^d	1	$4a_3$	$3b_2$	$3b_4$	—	6σ
32.	S_{34}^s	O^d	1	—	$3a_4, 4a_3', 6a_2''$	$4a_6$	c	$3s, 6\sigma$

V. Zusammenfassung der 32 Krystallklassen.

Wir wollen nun kurz zusammenfassen, in welcher Weise die 32 Symmetriearten durch Spiegelungen entwickelt werden können.

Durch die Identität, d. h. ohne Spiegelung, entsteht nur die asymmetrische Figur S_{00}.

Ein Spiegel erzeugt nur die Symmetrie S_{01}.

Durch zwei Spiegel entstehen vorerst die symmetrischen Figuren S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{06}, nachher, wenn ein Spiegel Symmetrieebene wird, die Figuren S_{02}^s, S_{03}^s, S_{04}^s, S_{06}^s.

Mit Hilfe von zwei Spiegeln können also nicht mehr als diese acht symmetrischen Figuren entwickelt werden, deren vier erste den Exponenten $\frac{1}{2}$, deren vier letzte den Exponenten 1 haben. Wir sehen also, dass der Exponent der Symmetrie anzeigt, ob die Entwicklung der symmetrischen Figuren mit Hilfe der gegebenen Anzahl von Spiegeln weiter geführt werden kann oder nicht.

Durch drei Spiegelungen entstehen verschiedene symmetrische Gestalten, je nach den Winkeln, welche die drei Spiegel einschliessen. Sind zwei Spiegel senkrecht auf dem dritten, so sind die ersten daraus entstehenden symmetrischen Figuren S_{21}, S_{42}, S_{63}, deren Exponent $\frac{1}{4}$ ist; dann folgen die Figuren S_{02}^σ, S_{03}^σ, S_{04}^σ, S_{06}^σ, S_{42}^s, S_{63}^s, S_{22}, S_{23}, S_{24}, S_{26}, deren Exponent $\frac{1}{2}$ ist, und endlich die Figuren S_{22}^s, S_{23}^s, S_{24}^s, S_{26}^s, deren Exponent 1 ist. Und mit drei solchen Spiegelungen ist die Bildung von symmetrischen Figuren erschöpft. Auch hier zeigt die Grösse des Exponenten an, ob und wie weit es möglich ist, symmetrische Figuren mit drei solchen Spiegeln zu bilden. Ferner zeigt sie, dass die Anzahl der eine Figur bildenden Flächen auf die Hälfte oder auf ein Viertel reducirt wird, wenn man für eine bestimmte Anzahl von Spiegeln von 1 als Exponenten auf $\frac{1}{2}$ oder auf $\frac{1}{4}$ übergeht.

Ich nenne darum alle jene Formen, welche den Exponenten 1 besitzen, holoëdrisch, während als hemiëdrisch, resp. tetartoëdrisch

jene Symmetriearten bezeichnet werden können, deren Exponent $\frac{1}{4}$, resp. $\frac{1}{2}$ ist.

Die holoëdrischen und hemiëdrischen Gestalten sind hemimorph, wenn die Hauptsymmetrieaxe einwerthig ist.

Wir sehen daraus, dass man für eine bestimmte Anzahl von Spiegeln eine Reihe von Gestalten hat, die im Allgemeinen von den tetartoëdrischen zu den hemiëdrischen und holoëdrischen fortschreitet.

Wenn die drei Spiegel die Winkel $\alpha_1 = 90^0$, $\alpha_2 = 60^0$ und $\alpha_3 = 60^0$ bilden, so entsteht zuerst die Figur S_{42}, deren Exponent $\frac{1}{6}$, ferner die Figur S_{33}, deren Exponent $\frac{1}{2}$, und endlich die Figur $S_{33}{}^s$, deren Exponent 1 ist. Analog und mit gleicher Berechtigung werden wir $S_{33}{}^s$ die holoëdrische, S_{33} die hemiëdrische, und S_{42} die hektoëdrische Form (Sechstelgestalt) nennen müssen, während eine tetartoëdrische Gestalt in dieser Gruppe unmöglich ist.

Wenn die drei Spiegel die Winkel $\alpha_1 = 90^0$, $\alpha_2 = 60^0$ und $\alpha_3 = 45^0$ einschliessen, werden folgende Gestalten gebildet: erstens S_{63}, deren Exponent $\frac{1}{8}$ ist, ferner die Gestalten S_{34} und $S_{33}{}^\sigma$, deren Exponent $\frac{1}{2}$ ist, und endlich $S_{34}{}^s$ mit dem Exponenten 1. Auch in dieser Gruppe haben wir eine Reihe von Gestalten, deren Symmetriegrad steigend fortschreitet, und die mit denselben Spiegeln gebildet werden.

Wir werden die Figur $S_{34}{}^s$ eine holoëdrische, S_{34} und $S_{33}{}^\sigma$ hemiëdrische und endlich S_{63} ogdoëdrische (Achtelgestalt) nennen müssen. Zur Unterscheidung wird man passend die Figur $S_{34}{}^s$ die oktaëdrische Holoëdrie, dagegen $S_{33}{}^s$ die tetraëdrische Holoëdrie nennen können. Die mit $S_{33}{}^\sigma$ bezeichnete pentagonale Hemiëdrie ist daher, nach unserer Auffassung, als eine hemiëdrische Gestalt der oktaëdrischen Holoëdrie anzusehen.

Die zwei holoëdrischen Gestalten $S_{34}{}^s$ (Typus Oktaëder) und $S_{33}{}^s$ (Typus Tetraëder) verhalten sich offenbar zu einander, wie die holomorphen Formen zu den hemimorphen.

Die hektoëdrische Figur S_{42} ist durch eine, parallel der Kante des Würfels laufende, vierzählige Inversionsaxe charakterisirt, während die sechszählige Inversionsaxe der ogdoëdrischen Figur S_{63} mit einer Diagonale des Würfels zusammenfällt. Die genannten Figuren sind von den gleichbezeichneten tetartoëdrischen Gestalten nicht verschieden, welche wir früher namhaft gemacht haben. Aber insofern sie anders auftreten, stellen sie verschiedene Symmetriearten dar; wir werden sie mit denselben Symbolen S_{42}, S_{63} bezeichnen. Ob sie in der Natur vorkommen, ist natürlich eine Frage, die wir vorläufig offen lassen wollen. Theoretisch müssen sie möglich sein, daher wollen wir sie in die folgende Zusammenstellung aufnehmen.

Holoëdrieen.

1.	(32)[1]	S_{34}^{s}	oktaëdrische
2.	(30)	S_{33}^{s}	tetraëdrische
3.	(27)	S_{26}^{s}	diëdrische
4.	(15)	S_{24}^{s}	
5.	(22)	S_{23}^{s}	
6.	(8)	S_{22}^{s}	
7.	(26)	S_{06}^{s}	hemimorphe
8.	(14)	S_{04}^{s}	
9.	(20)	S_{03}^{s}	
10.	(7)	S_{02}^{s}	
11.	(4)	S_{01}	primäre
12.	(1)	S_{00}	asymmetrische.

Hemiëdrieen.

13.	(31)	S_{33}^{σ}	pentagonale
14.	(29)	S_{34}	oktaëdrische
15.	(28)	S_{33}	tetraëdrische
16.	(24)	S_{26}	diëdrische
17.	(12)	S_{24}	
18.	(18)	S_{23}	
19.	(6)	S_{22}	
20.	(21)	S_{63}^{s}	rhomboëdrische
21.	(11)	S_{42}^{s}	sphenoidische
22.	(25)	S_{06}^{σ}	pyramidale
23.	(13)	S_{04}^{σ}	
24.	(19)	S_{03}^{σ}	
25.	(5)	S_{02}^{σ}	
26.	(23)	S_{06}	hemimorphe
27.	(10)	S_{04}	
28.	(16)	S_{03}	
29.	(3)	S_{02}	
30.	(17)	S_{63}	**Tetartoëdrie** und **Ogdoëdrie**
31.	(9)	S_{42}	**Tetartoëdrie** - **Hektoëdrie**
32.	(2)	S_{21}	**Tetartoëdrie.**

Indem man diesen Begriff der ganzen Gestalten und der Theilgestalten festhält und gleichzeitig die Hauptsymmetrieaxe der Zähligkeit nach ins Auge fasst, gelangt man dazu, die 32 Symmetriearten in sechs Krystallsysteme zu vereinigen, welche nicht sehr verschieden sein können von den von Schoenflies vorgeschlagenen. Ich halte sie für natürlich und zweckmässig und möchte mich daher dieser Art der Gruppirung anschliessen, obwohl sie nicht vollständig den Beobachtungen zu entsprechen scheint.

In jedes einzelne System werde ich Unterabtheilungen einführen, je nachdem es sich um eine einwerthige oder eine zweiwerthige Hauptaxe handelt. In dem Monogonalsystem giebt es nur zwei Klassen, nämlich die primäre und die asymmetrische Holoëdrie, wobei die letztere die hemimorphe Gestalt der ersteren darstellt. In dem kubischen Systeme giebt es sieben Formen, deren drei, wie z. B. das Hexakistetraëder und das tetra-

1) Die in ( ) stehenden Nummern sind diejenigen der Klassen in Groth, Physikal. Krystallogr. 3. Aufl.

ëdrische Pentagondodekaëder, gewissermassen die hemimorphen Gestalten, im Vergleich zu den anderen Krystallsystemen, darstellen.

		Holomorphe Gestalten:		Hemimorphe Gestalten:
I. Kubisches System.	$S_{34}{}^{s}$	Holoëdrie	$S_{33}{}^{s}$	Holoëdrie
	$S_{33}{}^{\sigma}$	pentagonale Hemiëdrie	S_{33}	Hemiëdrie
	S_{34}	plagiëdrische Hemiëdrie		
	S_{63}	Ogdoëdrie		
	S_{42}	Hektoëdrie		
II. Hexagonales System.	$S_{46}{}^{s}$	Holoëdrie	$S_{06}{}^{s}$	Holoëdrie
	S_{26}	diëdrische Hemiëdrie	S_{06}	Hemiëdrie
	$S_{06}{}^{\sigma}$	pyramidale -		
	$S_{63}{}^{s}$	rhomboëdr. -		
	S_{63}	Tetartoëdrie		
III. Tetragonales System.	$S_{24}{}^{s}$	Holoëdrie	$S_{04}{}^{s}$	Holoëdrie
	S_{24}	diëdrische Hemiëdrie	S_{04}	Hemiëdrie
	$S_{04}{}^{\sigma}$	pyramidale -		
	$S_{42}{}^{s}$	sphenoidische -		
	S_{42}	Tetartoëdrie		
IV. Trigonales System.	$S_{23}{}^{s}$	Holoëdrie	$S_{03}{}^{s}$	Holoëdrie
	S_{23}	diëdrische Hemiëdrie	S_{03}	Hemiëdrie
	$S_{03}{}^{\sigma}$	pyramidale -		
V. Digonales System.	$S_{22}{}^{s}$	Holoëdrie	$S_{02}{}^{s}$	Holoëdrie
	S_{22}	diëdrische Hemiëdrie	S_{02}	Hemiëdrie
	$S_{02}{}^{\sigma}$	pyramidale -		
	S_{21}	Tetartoëdrie		
VI. Monogonales System.	S_{01}	Holoëdrie	S_{00}	asymmetrische Holoëdrie

Der hier angenommenen Bezeichnung für die 32 Krystallklassen ist nur ein Buchstabe S zu Grunde gelegt. Die diesem Buchstaben beigeschriebenen Indices bedeuten: der rechte den Grad der Hauptsymmetrieaxe, der linke den der Nebensymmetrieaxe, oder den der Inversionsaxe. Wenn nur die erstere vorhanden ist, so hat der linke Index den Werth 0. Ist der linke Index grösser als der rechte, so handelt es sich natürlich nur um eine Inversionsaxe resp. um eine invers symmetrische Figur. — Um in dem Symbole auch die Symmetrieebenen zu kennzeichnen, wird der Exponent s resp. σ verwendet, je nachdem von einer Symmetrieebene die Rede ist, welche durch die Hauptsymmetrieaxe oder nicht durch dieselbe geht. Bewirkt eine Meridiansymmetrieebene auch das Dasein einer Aequatorialsymmetrieebene, so ist es gleichgültig, ob man s oder σ schreibt. Consequent könnte

die durch S_{01} angedeutete Krystallklasse auch durch das Symbol $S_{00}{}^{s}$ bezeichnet werden, da diese Figur keine Symmetrieaxe, sondern nur eine Symmetrieebene besitzt.

Diese einfache und rationelle Schreibweise der 32 Krystallklassen hat den Vortheil, dass sie sich noch einfacher gestalten kann, ohne der Klarheit verlustig zu werden, nämlich durch Weglassung des überall vorkommenden Buchstabens S. Man kann dann die durch den Exponenten s resp. σ bezeichnete Symmetrieebene einfach durch einen Querstrich andeuten. Alsdann besteht das Symbol jeder Krystallklasse aus zwei Indices, von denen der rechte oberhalb gestrichen ist, wenn eine Meridiansymmetrieebene, oder unterhalb, wenn eine Aequatorial- oder geneigte Symmetrieebene vorliegt. So erhalten wir: $S_{00} = 00$, $S_{01} =' 01 = 0\bar{0}$, $S_{42} = 42$, $S_{42}{}^{s} = 4\bar{2}$, $S_{34}{}^{s} = 3\bar{4}$, $S_{33}{}^{\sigma} = 3\underline{3}$, etc.

Die Bezeichnung der einzelnen Krystallformen soll man natürlich durch die 32 resp. 34 Symbole erhalten. Indem man, wie üblich, $(h_1 h_2 h_3)$ für die Fläche und $[y_1 y_2 y_3]$ für die Kante als Bezeichnung annimmt, wird man für alle einer gegebenen Gestalt angehörigen Flächen die Bezeichnung dadurch erhalten, dass man das betreffende Symbol der Symmetrie demjenigen der Fläche resp. der Kante voranschreibt.

Wir wollen dafür einige Beispiele geben:

$S_{34}{}^{s}$ $(h_1 h_2 h_3)$ = Hexakisoktaëder,
$S_{33}{}^{s}$ $(h_1 h_2 h_3)$ = Hexakistetraëder,
$S_{34}{}^{s}$ $(h_1 h_2 0)$ = Tetrakishexaëder,
S_{34} $(h_1 h_2 h_3)$ = Pentagonikositetraëder,
$S_{33}{}^{\sigma}$ $(h_1 h_2 h_3)$ = Diploëder,
S_{33} $(h_1 h_2 h_3)$ = tetraëdrisches Pentagondodekaëder,
$S_{26}{}^{s}$ $(x h k l)$ = dihexagonale Pyramide,
S_{26} $(x h k l)$ = hexagonales Trapezoëder,
$S_{06}{}^{\sigma}$ $(x h k l)$ = hexagonale Pyramide dritter Art,
$S_{63}{}^{s}$ $(x h k l)$ = Skalenoëder,
$S_{63}{}^{s}$ $(0 h k l)$ = Rhomboëder,
S_{23} $(x h k l)$ = trigonales Trapezoëder,
S_{63} $(x h k l)$ = Rhomboëder dritter Art,
S_{24} $(h k l)$ = tetragonales Trapezoëder,
$S_{42}{}^{s}$ $(h k l)$ = Disphenoid,
S_{22} $(h k l)$ = rhombisches Sphenoid

etc. etc.

II. Mittheilungen aus dem mineralogischen Museum der Universität Bonn.

VII. Theil.

Von

H. Laspeyres und **E. Kaiser** in Bonn.

(Hierzu Tafel I, Fig. 1—8.)

---

43. Der sogenannte Calcistrontit von Drensteinfurt, Westfalen.

Mit dem Namen Calcistrontit belegte v. d. Mark auf der Generalversammlung des naturhistorischen Vereins für Rheinland und Westfalen zu Coblenz 1882[1]) ein Mineral aus der Umgegend von Drensteinfurt unweit Hamm in Westfalen, das nach der von ihm ausgeführten Analyse aus

$SrCO_3$	49,68 %
$CaCO_3$	49,10
$FeCO_3$	0,20
	98,98 %

besteht, was ziemlich genau dem Verhältnisse von 3 Mol. $CaCO_3$ + 2 Mol. $SrCO_3$ entspricht.

Aus seinen damaligen mündlichen und seinen späteren schriftlichen Mittheilungen ging die Annahme einer isomorphen Mischung beider Salze hervor.

Deutliche Krystalle des Minerals wurden von v. d. Mark nicht beobachtet; über eine etwaige Spaltbarkeit konnte er keine Mittheilung machen.

Vom Strontianit, mit dem das neue Mineral vorkomme, unterschiede es sich, wie v. d. Mark sagte, nur durch sein nicht strahliges, sondern feinkörniges Gefüge und ebenso durch sein geringeres Volumgewicht = 2,932.

In dem Calcistrontit konnte danach nun entweder ein mechanisches Gemenge von Kalkspath und Strontianit vorliegen, da beide Mineralien in den westfälischen Strontianitgängen stets neben einander vorkommen, oder

---

1) Verhandl. d. naturhistor. Vereins 1882, **39**, 84—85, Correspondenzblatt.

eine isomorphe Mischung von beiden Salzen, und zwar, bei deren vermutheten, aber noch nicht völlig erwiesenem Isodimorphismus, entweder in der hexagonalen Form des Kalkspathes oder in der rhombischen des Aragonites und Strontianites.

Zur Entscheidung dieser nicht uninteressanten Fragen erbat ich mir von dem Vortragenden etwas von dem Minerale, das er damals nicht vorlegen konnte, und erhielt 1883 einige Brocken desselben, die er von dem einzigen, in seinem Besitze noch befindlichen, unbedeutenden Stücke abgetrennt hatte.

Damals kam ich nicht zur näheren Untersuchung wegen der baldigen Uebersiedelung nach Kiel. Kürzlich gerieth das Stück mir wieder zu Händen und veranlasste mich zu den nachstehenden Beobachtungen, aus welchen ganz zweifellos hervorgeht, dass das Mineral eine recht regelmässige Durchspickung des Kalkspathes durch Körner von Strontianit ist, ganz ähnlich dem sogenannten Schillerfels, der bekannten Durchspickung der Amphibole und Pyroxene (Enstatit, Bronzit) durch Olivin im frischen oder serpentinisirten Zustande in manchem Gabbro, Norit und Peridotit.

Die Bruchstücke des schneeweissen, durch eine feine Porosität ziemlich mürben Minerals zeigen nun deutlich eine recht vollkommene rhomboëdrische Spaltbarkeit, aber selten eine einheitliche durch das ganze Bruchstück hindurch, so dass die einzelnen Bruchstücke aus mehreren Individuen von ganz unregelmässiger Gestalt, also grobkörnig, zusammengesetzt sind.

Die Spaltungsflächen sind nun aber niemals stetig ausgedehnt, sondern werden auffallend gleichmässig unterbrochen von zahlreichen, scharfbegrenzten, rundlichen, selten über 1 mm grossen Partien, mithin von Körnchen einer gleichfalls weissen und nur durchscheinenden Substanz, die keine Spur von Spaltbarkeit nach irgend welcher Richtung erkennen lässt. Beim Spiegeln der so durchsetzten Spaltflächen des Kalkspathes erscheinen die fremden Einlagerungen glanzlos und deshalb dunkler.

Diese scheinbar dichten bis äusserst feinkörnigen Einstreuungen in den Spaltungsrhomboëdern erlauben keine genauen Messungen der Rhomboëderkanten im Fernrohrgoniometer, da selbst die kleinsten Spaltungsstücke, die sich unter dem Mikroskope fast frei von Einschlüssen erwiesen, nur sehr lichtschwache, nebelfleckartige Reflexe gaben.

Die besten Splitter ergaben nahezu den Spaltungswinkel des Kalkspathes, nämlich 74° 42′ — 74° 47′.

Das legte schon den Gedanken sehr nahe, dass das Mineral etwa zur Hälfte aus Kalkspathindividuen bestehe, die von Körnern, vielleicht auch von rudimentären Krystallen, von Strontianit zur anderen Hälfte durchwachsen seien.

Dies bestätigten denn auch die mikroskopischen Untersuchungen an

Dünnschliffen, die theils den Spaltungsflächen, theils der Basis parallel gingen.

Beide Substanzen — sagen wir gleich kurz: Kalkspath und Strontianit — erweisen sich unter dem Mikroskope völlig rein und farblos und unterscheiden sich lediglich durch die immer sichtbaren, äusserst zahlreichen und dicht gedrängten Spaltrisse, sowie durch die manchmal daneben auftretenden, vielleicht erst beim Schleifen entstandenen Zwillingslamellen des Kalkspathes einerseits und durch die Spaltungslosigkeit und Körnigkeit des Strontianites andererseits.

Der Kalkspath in den Schliffen besteht nur aus einem oder aus einigen wenigen Individuen. Stellt man ihn zwischen den gekreuzten Polarisatoren auf Dunkel ein und verschiebt nun den Schliff parallel mit sich, so treten die in sehr verschiedenen Lagen befindlichen Körner von Strontianit, deren Umgrenzung bei gewöhnlichem Lichte durch das plötzliche Aufhören der Spaltungstracen und durch den unmittelbaren Eintritt zahlreicher unregelmässiger Sprünge schon ziemlich richtig vermuthet werden konnte, deutlich hervor. Sie erweisen sich stets von sehr unregelmässiger äusserer Umgrenzung und äusserst selten als ein einziges Individuum, sondern von körniger Structur oder doch wenigstens von vielfach durchsetzter Natur, wenn e i n Individuum im Einschlusse vorwaltet.

Eine krystallonomische Gesetzmässigkeit der Lage zwischen Kalkspath und Strontianit konnte in keinem Falle erkannt werden; man kann deshalb diese Verwachsung nicht mit der des sogenannten Schriftgranites vergleichen.

Bestätigend, ja ausschlaggebend für die Richtigkeit der so gewonnenen Ergebnisse ist der Umstand, dass das Pulver des Calcistrontites in einer »schweren Lösung«, auf welcher Kalkspath mit dem Volumgewichte 2,72 schwimmt, theils untersinkt (Strontianit mit dem Gewichte 3,7), theils schwimmt (Kalkspath), und dass der erstere Antheil im Spectroskope neben dem Strontiumspectrum ein viel schwächeres Calciumspectrum, letzterer Antheil umgekehrt neben dem vorwaltenden Calciumspectrum nur ein ganz mattes und bald erlöschendes Strontiumspectrum zeigt.

In der Lösung, die wenig schwerer als 2,72 war, sind mit den reinen Strontianitkörnchen auch solche gesunken, an denen noch etwas Kalkspath haftete, während der schwimmende Kalkspath nur sehr geringe Belastung durch anhängenden oder eingeschlossenen Strontianit ertragen konnte.

Zu chemischen Untersuchungen der beiden, so gesonderten Bestandtheile des Gemenges von Strontianit und Kalkspath mangelte es an Material, denn ausser den Schliffen sollte doch wenigstens ein Stückchen der Stufe für das hiesige Museum erhalten bleiben.

H. L.

44. Vorrichtung zur Scheidung von Mineralien mittelst schwerer Lösungen.

Die mannigfachen, bisher in Vorschlag gebrachten Vorrichtungen zur Scheidung von Mineralien nach dem Volumgewichte mittelst sogenannter schwerer Lösungen haben sich nach meinen Erfahrungen als unzweckmässig und zum Theil auch als sehr theuer erwiesen.

Der in Fig. 1, Taf. I im Längsschnitt abgebildete, kleine und sehr einfache Apparat, den die hiesige Firma Müller, Geissler Nachfolger, nach meinen Angaben zu dem geringen Preise von sieben Mark herstellt, hat sich bei meinen Arbeiten so zweckmässig und bequem erwiesen, dass bei der jetzt so ausgiebigen Verwendung dieser Scheidungsweise in Mineralogie und Petrographie eine kurze Mittheilung darüber manchem Fachgenossen willkommen sein dürfte.

Es lässt sich zwar dieser Apparat in jeder gewünschten Grösse anfertigen, ich habe dieselbe so gewählt, dass er mit einer Hand bedient werden kann und von den theuren schweren Lösungen möglichst wenig, nur 12 ccm, beansprucht. Die Zeichnung stellt ihn etwa in ein Drittel der wirklichen Grösse dar.

Zwei birnförmige Hohlgefässe *A* und *B* sind an ihren spitzen Enden mit einander verbunden und an dieser Stelle durch einen weit durchbohrten Glashahn *C* gegen einander verschliessbar.

Die Innenwände der Birnen und der Durchbohrung des Hahnes gehen glatt ineinander über, damit sich nirgends Pulvertheile daran festsetzen können.

An den dicken Enden tragen beide Birnen weite, durch sorgfältig eingeschliffene Glasstopfen dicht verschliessbare Ein- und Ausfüllöffnungen.

Sowohl diese Glasstopfen wie der Glashahn *C* haben halbmondförmig gestaltete Griffe, damit beim Schütteln des Apparates drei Finger der einen Hand festen Halt finden und zugleich ein Lockern oder gar Herausfallen der Verschlüsse verhindern.

Der Gebrauch des Apparates ist sehr einfach. Mittelst eines kleinen Trichters werden in eine der Birnen bei geöffnetem Hahn das Pulver und die schwere Lösung eingefüllt und dann die Eintrageöffnung geschlossen. Das Bleiben eines kleinen Luftraumes in den Birnen schadet zwar nicht, kann aber leicht vermieden werden. Hierauf wird der Apparat tüchtig und wiederholt geschüttelt, damit das Schwere in die eine Birne sinkt, das Leichte in die andere steigt.

Ist durch Ruhe die schwere Lösung zwischen den beiden Pulvern klar geworden, so schliesst man den Hahn.

Da nun bekanntlich das schwerere Pulver gewöhnlich Theilchen des

leichteren in die untere Birne zieht, und das leichtere dagegen kleine Antheile des schwereren in die obere Birne hebt, und ferner, da schuppenförmige Pulvertheile leicht an die Wände der Hohlgefässe sich anschmiegen, wird das Schütteln des Apparates bei getrennten Birnen wiederholt. Auch kann man jede Birne für sich öffnen und ihren Inhalt mit einem Platindrahte umrühren oder mit diesem die schuppenförmigen Pulvertheile von den Gefässwänden trennen.

Nach wieder eingetretener Ruhe sammeln sich die leichten, in die untere Birne mitgerissenen Körnchen unmittelbar unter dem noch geschlossenen Hahn, und über demselben die schweren, in die obere Birne mitgenommenen oder dort haften gebliebenen Körnchen nach und nach. Beim Oeffnen des Hahnes erfolgt dann bald der Austausch von Birne zu Birne.

Hat sich dann die schwere Lösung wieder geklärt, so ist nach Schliessen des Hahnes die Scheidung der Mineralien schon völlig erfolgt oder tritt nach Wiederholung des Schüttelverfahrens ein.

Die Entleerung jeder Birne geschieht am leichtesten, indem man die geöffnete Birne mit Inhalt in ein kleines, mit Wasser gefülltes Becherglas taucht und etwas schüttelt.

Der Inhalt der einen Birne kann auch ohne Entleerung durch Verdünnung oder Verstärkung der schweren Lösung unmittelbar weiteren Trennungen unterworfen werden.

Beim völligen Concentriren der Thoulet'schen Jodkaliumjodquecksilberlösung auf dem Wasserbade erfolgen bekanntlich leicht Krystallausscheidungen in der Lösung. Man kann dieselben leicht ganz vermeiden, wenn die Concentration auf dem Wasserbade nur bis zum Schwimmen eines Glasstückes fortgesetzt wird, und die weitere Concentration bis zum Schwimmen eines schweren Turmalines durch freiwilliges Verdunsten über Chlorcalcium im Exsiccator oder unter der Luftpumpe geschieht.

H. L.

45. Luftdichter Verschluss der Mineralien in Schausammlungen.

Schon vor mehr als 20 Jahren habe ich einen luftdichten Verschluss von Substanzen, die bei Luftzutritt mehr oder weniger rasch zerstört werden, für die im Mineraliencabinete der technischen Hochschule zu Aachen ausgestellten zerfliesslichen Salze von Stassfurt ausgeführt und beschrieben[1]).

Derselbe hatte sich als zweckmässig und, was für eine Schausammlung nicht ausser Acht gelassen werden darf, auch als schön und die Mineralien deutlich zeigend bewährt.

---

1) Verhandl. d. naturhistor. Vereins d. preuss. Rheinlande u. Westfalens 1875, 32, Correspondenzblatt 75—78.

Ich habe deshalb für die Neuaufstellung der an der Luft verderbenden Mineralien des hiesigen Museums, das wegen seiner Feuchtigkeit ganz besondere Vorsicht erheischt, dasselbe Princip beibehalten, nur in der Ausführung in der schon früher angedeuteten Weise vervollkommnet, so dass jetzt der Verschluss als vollständig luftdicht bezeichnet werden kann.

Wie Fig. 2, Taf. I im Querschnitte darstellt, befinden sich die Mineralien auf einem ebenen Glasteller, der am Rande eine Rille besitzt, die etwa 8 mm breit und nach innen zu 5 mm, nach aussen 12 mm tief ist. In diese greift eine geblasene, oben halbkugel-, unten cylinderförmige Glasglocke mit abgeschliffenem Rande hinein, so dass zwischen der Glocke und dem Tellerrande ein Spielraum von etwa 3 mm Breite sich befindet, dessen Füllung mit Quecksilber den luftdichten Verschluss herstellt.

Damit die Glasglocke nicht auf dem Quecksilber schwimmt, und um an letzterem zu sparen, wird zunächst die Dichtung und Befestigung der Glocke auf dem Teller durch einen Kitt von Wachs, Colophonium und Paraffin zu gleichen Theilen bewerkstelligt.

In die Rille des Tellers wird etwas von diesem Kitte ringsum durch Eintropfen eingetragen, durch Erwärmen des Tellers auf einem Sandbade eben zum Schmelzen gebracht, und dann die am Rande gleichfalls etwas angewärmte Glocke fest in die Rille gedrückt und dort bis nach Erkalten des Kittes festgehalten. Bei richtiger Behandlung findet ein Spratzen des noch flüssigen Kittes durch Ausdehnung oder Zusammenziehung der in der Glocke eingeschlossenen Luft nicht statt.

Für nicht sehr leicht zerfliessliche oder verderbende Mineralien genügt schon dieser Verschluss. Da aber alle organischen Verschlussmittel, wie ich früher gezeigt habe[1]), Dämpfe diffundiren lassen, wird der völlig dichte Verschluss der Glocken erst durch Bedeckung des Kittes durch eine rings geschlossene Quecksilberschicht hergestellt.

Das Eintragen des Quecksilbers in die Rille erfolgt am besten am Standorte durch einen Trichter, dessen Hals capillar ausgezogen ist.

In dieser Weise eingeschlossen bleibt das Mineral doch immer leicht zugänglich. Nach Abgiessen des Quecksilbers und schwachem Erwärmen des Tellers lässt sich die Glasglocke leicht abheben und rasch wieder befestigen.

Die hiesige Firma Müller, Geissler Nachfolger, hat nach diesen Angaben die Glocken in tadelloser Güte herstellen lassen. Für die meisten Stufen genügten Glocken von 13 cm Höhe mit 10 cm bez. 16 cm Durchmesser. Der Quecksilberverbrauch ist für die kleinen Glocken etwa 60 g, für die grösseren etwa 100 g. Die Vorrichtung hat sich seither trefflich bewährt und dürfte nicht nur für die luftdichte Aufbewahrung von Mineralien, sondern auch von anderen Substanzen in chemischen Laboratorien, in

1) Journal f. prakt. Chemie 1875, **11**, 26; 1876, **12**, 347.

botanischen, zoologischen, anatomischen, physiologischen und hygienischen Instituten u. s. w. sich empfehlen.

H. L.

46. Die Zwillingsgesetze des Kupferglanz.

In den letzten Mittheilungen[1]) blieb es zweifelhaft, ob beim Kupferglanz Zwillinge nach $\{043\}\frac{4}{3}\breve{P}\infty$ oder nach $\{032\}\frac{3}{2}\breve{P}\infty$ bekannt geworden seien. In der Litteratur findet sich ein Widerspruch zwischen den Angaben der Winkel der sich durchkreuzenden Individuen und dem daraus abgeleiteten Zwillingsgesetze.

Unter Annahme des in den Lehrbüchern (Bauer, Dana, Naumann-Zirkel u. a.) angegebenen Zwillingsgesetzes nach $\{043\}\frac{4}{3}\breve{P}\infty$ berechnet sich der Durchkreuzungswinkel der beiden Individuen zu 104° 38′ bez. 75° 22′, während die Winkel nach den bisherigen Angaben 111° bez. 69° betragen sollen. Auch Groth[2]) führt Durchkreuzungszwillinge nach $\{043\}\frac{4}{3}\breve{P}\infty$ von Bogoslawsk am Ural, wie von Bristol, Conn., an, ohne den Winkel anzugeben, unter dem sich die beiden Individuen durchkreuzen.

Der Winkel, der einem Zwillinge nach $\{043\}\frac{4}{3}\breve{P}\infty$ entspricht, wird nirgendwo angegeben.

Greg und Lettsom[3]) sind die ersten, welche derartige Durchkreuzungszwillinge erwähnen, die sich unter Winkeln von 56° bez. 114° kreuzen sollen. Da diese beiden Winkel nicht miteinander übereinstimmen, so übergehe ich ihre Discussion.

Dana[4]) giebt dann den Winkel zu 111° resp. 69° an und als Zwillingsfläche $\frac{4}{3}\breve{i}$, welche unserem $\{043\}\frac{4}{3}\breve{P}\infty$ entspricht. Von hier aus scheint diese sich widersprechende Angabe in die neueren Lehrbücher übergegangen zu sein.

Einem Winkel von 111° 3′ bez. 68° 57′, welcher dem Dana'schen nahe kommt, entspricht nun aber eine Fläche von $\{032\}\frac{3}{2}\breve{P}\infty$ als Zwillingsfläche.

Zwillingsbildungen nach einem solchen Gesetze sind auch von anderen Fundpunkten bekannt geworden[5]).

---

1) Mittheilungen aus dem mineralogischen Museum der Universität Bonn, VI. Theil Nr. 42; diese Zeitschr. 1895, **24**, 499.

2) P. Groth, Die Mineraliensammlung der Universität Strassburg. Strassburg 1878, 46.

3) Greg and Lettsom, Manual of the Mineralogy of Great Britain and Ireland. London 1858, 331.

4) Dana, System of Mineralogy, Fifth Edition. New York 1872, 52.

5) P. Jeremejew, Verhandlungen der mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg 1889 (2), **25**, 315. Ref. diese Zeitschr. 1890, **17**, 624. — [Als Durchkreuzungswinkel giebt Jeremejew Seite 321 68° 52′ 22″ bez. 111° 7′ 38″, da er ein anderes Axenverhältniss der Berechnung zu Grunde legt.]

Es ergiebt sich daraus, dass die Angabe von Zwillingen nach einer Fläche von $\{043\}\frac{4}{3}\breve{P}\infty$ erst dann sicher gestellt ist, wenn die entsprechenden Winkel auch durch Messung nachgewiesen sind.

In vielen Fällen dürften sich die bisher als Zwillinge nach $\{043\}\frac{4}{3}\breve{P}\infty$ angeführten Zwillinge als solche nach dem von Boeris[1]) zuerst an Krystallen von Monte Catini beobachteten Gesetze nach einer Fläche von $\{011\}\breve{P}\infty$ herausstellen, welchem Durchkreuzungswinkel von 91° 42′ bez. 88° 18′ entsprechen.

Eine derartige Zwillingsbildung konnte auch an einem Krystalle des hiesigen Museums von Bristol, Conn., nachgewiesen werden.

Die Coincidenz der Zonen [(010):(0$\bar{1}$0)] beider Individuen liess sich mit der grössten Genauigkeit feststellen, wenngleich Messungen in denselben sich nur schwierig wegen der starken Streifung nach der Brachydiagonale durchführen liessen. Der beobachtete Werth des Winkels

(010):(0$\bar{1}$0)	91° 35′	Mittel 91° 31,5′
	91 34	
	91 25,5	

stimmt jedoch hinreichend mit dem oben angegebenen, berechneten Winkel überein, um diesen Krystall als einen Zwilling nach einer Fläche von $\{011\}\breve{P}\infty$ zu bezeichnen.

Zum Schlusse ist eine kleine Tabelle zusammengestellt, in welcher die bis jetzt sicher bekannt gewordenen Zwillingsbildungen des Kupferglanz und die zu einer Deutung derselben wichtigsten Winkel angeführt sind. Der Berechnung liegt das allgemein angenommene Axenverhältniss

$$0,5822 : 1 : 0,9709$$

und die demselben entsprechende Aufstellung zu Grunde.

Bei Zwillingen nach	beträgt der Winkel der Streifung auf (001) und (00$\underline{1}$) an der Zwillingsgrenze	der Streifung mit der Zwillingsgrenze	von (001) gegen (00$\underline{1}$)
$\{110\}\infty P$	119° 35′ 2,6″	59° 47′ 34,3″	0°
	60 24 57,4	30 12 28,7	
$\{130\}\infty\breve{P}3$	59 35 8,8	29 47 34,4	0
$\{112\}\frac{1}{2}P$	73 45 4,2	59 47 34,3	87° 57′ 0,6″
$\{011\}\breve{P}\infty$	0	0	88 18 29,6
			91 41 30,4
$\{032\}\frac{3}{2}\breve{P}\infty$	0	0	111 2 29,6
			68 57 30,4

E. K.

1) G. Boeris, diese Zeitschr. 1894, 23, 238.

47. Haarförmiger Antimonglanz aus Rheinland und Westfalen.

Unter dem Namen »Federerz« befinden sich in vielen Sammlungen Stufen, welche allgemein als eine feinfasrige Varietät des Jamesonit oder des Heteromorphit betrachtet werden.

Schon v. Zepharovich[1]) machte darauf aufmerksam, dass die so bezeichneten Stufen wenigstens theilweise Antimonglanz sind. Bei der Bearbeitung des Jamesonit im hiesigen Museum kam ich nun zu demselben Resultate.

Geleitet wird man dabei in vortrefflicher Weise durch die mikrochemische Analyse. Da es sich bei der Unterscheidung von Jamesonit und Antimonglanz der Hauptsache nach darum handelt, das Vorhandensein oder Fehlen von Blei festzustellen, so wurde in den meisten Fällen nur auf dieses geprüft. Werden nur wenige Fasern des betreffenden Minerals in Salpetersalzsäure unter Zusatz von etwas Weinsteinsäure gelöst, so lässt sich eine Entscheidung rasch fällen. Bei Antimonglanz lösen sich die Fasern meist schon in der Kälte ohne Rückstand auf. Ist dagegen Blei vorhanden, so bedecken sich die Fasern mit einer weissen Haut von Chlorblei und Bleisulfat, welche beim Abblenden des Mikroskopspiegels sofort zu bemerken ist. Beim Eindampfen der Lösung zeigen sich dann auch noch die so charakteristischen Chlorbleikrystalle[2]). Es lassen sich so leicht schon sehr geringe Mengen von Blei nachweisen. Beim Jamesonit muss, dem hohen Bleigehalte desselben entsprechend, ein sehr erheblicher Rückstand bleiben.

Fast eben so sicher lässt sich die Unterscheidung des Jamesonit vom Antimonglanz mittelst der Spaltbarkeit durchführen. Denn es spalten die Antimonglanzfasern leicht nach dem Brachypinakoid, die Jamesonitfasern nach der Basis; gleichzeitig kommt dem Jamesonit aber auch eine ziemlich vollkommene prismatische Spaltbarkeit zu.

Auf diese Weise wurden folgende Stufen der hiesigen Sammlung untersucht.

Eine Reihe von »Federerz«-Stufen von Oberlahr, Kreis Altenkirchen, Reg.-Bez. Coblenz, entstammt theils (vier Stücke) der »alten Sammlung«, theils (zwei Stücke) der »Krantz'schen Sammlung«. Erstere sind von Nöggerath als »Federerz, Wiedbach«, letztere ohne nähere Mineralangabe von Krantz als von Oberlahr herrührend bezeichnet. Dass dieselben alle von Oberlahr herrühren, ist wohl als sicher anzunehmen.

Es zeigen diese Stufen dünne, filzig durcheinander liegende Haare als Ueberzug auf Spatheisenstein, Fahlerz, Bournonit, Boulangerit, Bleiglanz,

1) v. Zepharovich, Mineralogisches Lexikon für das Kaiserthum Oesterreich 2, 156, Wien 1873.

2) Haushofer, Leitfaden der Mineralbestimmung. Braunschweig 1892, 35.

Blende und Quarz. Die Fasern sämmtlicher Stufen erweisen sich nun bei jener mikrochemischen Prüfung als bleifrei, und da bloss Antimon und Schwefel aufgefunden wurden, können sie nur äusserst feinfaseriger Antimonglanz sein.

Antimonglanz ist nun ein aus den Siegener Erzrevieren und besonders von den Gängen bei Oberlahr und Horhausen längst bekanntes Mineral, aber es scheint, als wenn diese feinfaserige Varietät immer als Federerz [1]) bezeichnet und demgemäss zum Jamesonit gerechnet worden wäre.

Auch Groth macht eine solche Angabe von der Grube Silberwiese bei Oberlahr inbetreff der Strassburger Sammlung [2]).

Herr Professor Bücking war nun so freundlich, eine kleine Probe dieses »Federerzes« zu übersenden. Die Prüfung dieser Fasern ergab die vollständige Abwesenheit von Blei, so dass auch diese Stufe als Antimonglanz zu bezeichnen ist. Dieselbe stammt aus der »Braun'schen Sammlung«, welche, wie Herr Professor Bücking mittheilt, »im Allgemeinen die Fundorte richtig angiebt«.

Eine Stufe von der Grube Louise bei Horhausen, welche sich in der Sammlung des Herrn Bergreferendar Ed. Freudenberg in Bonn befindet, zeigt ebensolche, filzig durcheinander liegende Haare auf Spatheisenstein mit Fahlerz, Boulangerit und Bournonit. Auch hier ergab die mikrochemische Prüfung die Abwesenheit von Blei.

Sein Analogon findet dieser haarförmige Antimonglanz von Horhausen und Oberlahr in dem Vorkommen von Moschellandsberg in Rheinbayern, welches Groth [3]) erwähnt. Eine Stufe der Sammlung des naturhistorischen Vereins der preuss. Rheinlande und Westfalens von diesem Fundorte ergab ebenfalls die Abwesenheit von Blei. Durch die diese Haare begleitenden Mineralien, namentlich durch den so charakteristischen Eisenspath, kann die Fundortsangabe als sichergestellt betrachtet werden.

Es erscheint somit als höchst wahrscheinlich, dass der faserige Jamesonit in Rheinland-Westfalen bis jetzt nur bei Arnsberg nachgewiesen ist. Pisani [4]) hat dieses Vorkommen in den Drusen des Antimonglanz [5]) nämlich

1) Schmeisser, Jahrb. d. kgl. preuss. geol. Landesanstalt. Berlin 1882. Abh. von ausserhalb d. Anstalt stehenden Personen 133.
Haege, Mineralien des Siegerlandes, Siegen (o. Jahr) 31.
Beschr. d. Bergreviere Siegen I, Siegen II, Burbach und Müsen. Bonn 1887, 56.

2) P. Groth, Die Mineraliensammlung der Universität Strassburg. Strassburg 1878, 60.

3) P. Groth, ebenda S. 22.

4) Pisani, Compt. rend. 1877, 88, 747. Diese Zeitschr. 1, 96. Neues Jahrbuch 1877, 300.

5) Der grösste Theil der Heteromorphitstufen von Arnsberg in den Sammlungen, so alle des hiesigen Museums und des naturhistorischen Vereins, ist Plagionit!

analysirt, und Sandberger[1]) hat dasselbe bestätigt. Hierbei ist aber zu beachten, dass von Arnsberg auch haarförmiger Antimonglanz angeführt wird[2]).

E. K.

48. Jamesonit von Bräunsdorf in Sachsen.

Frenzel giebt in seinem »Mineralogischen Lexikon für das Königreich Sachsen«[3]) an, dass Jamesonit (Federerz) auf den Freiberger Erzgängen mit Ausnahme der von Bräunsdorf vorkomme. In der hiesigen Sammlung befinden sich nun aber zwei aus der »Krantz'schen Sammlung« stammende Stufen, welche beide von Krantz die Fundortsangabe »Bräunsdorf« erhalten haben.

Es sind faserförmige Prismen in einem mit Quarz überrindeten Hohlraume, welche bei der in der vorhergehenden Mittheilung angegebenen Untersuchung sehr deutlich die Anwesenheit von viel Blei neben Antimon und Schwefel erkennen liessen. Bei der erprobten Zuverlässigkeit der »Krantz'schen Sammlung« kommt also, entgegen der Frenzel'schen Angabe, Jamesonit in der Gestalt von Federerz auch auf den Bräunsdorfer Erzgängen vor.

E. K.

49. Zinkblende von Adenau, Rheinprovinz[4]).

Vor kurzem erhielt das hiesige Museum durch Herrn Bergreferendar Ed. Freudenberg in Bonn Zinkblendekrystalle von der Bleierzgrube Dorothea bei Wörshofen (Kreis Adenau), welche in einer Lettenkluft dieser Grube neben Bleiglanz zu Ende vorigen Jahres vorgekommen sind und wegen der seltenen Regelmässigkeit und Schönheit ihrer Ausbildungsweise wohl eine eingehendere Untersuchung und Beschreibung verdienen.

Zu diesem Zwecke stellte Herr Freudenberg alle in seinem Besitze befindlichen Krystalle — etwa 60 Stück — dem Institute gefälligst zur Verfügung.

Ueber das Vorkommen theilt Herr Freudenberg folgendes mit:

»Das Erzvorkommen der Grube Dorothea bei Wörshofen beschränkte sich bis vor einiger Zeit auf eine Lettenkluft, die das Grubenfeld auf eine bedeutende Länge durchzieht in einer Mächtigkeit, die von einigen Millimetern bis zu 30 cm wechselt. An den Stellen der grösseren Mächtigkeit kommt Bleiglanz eingelagert vor, der bei der leichten Gewinnung und der wenig Mühe verursachenden Aufbereitung den Abbau lohnt.«

»Seit Ende des Jahres 1895 sollen in dem Grubenfelde, nicht weit von

1) Sandberger, Neues Jahrbuch 1883, 2, 94.

2) Koort, Beitr. z. Kenntn. des Antimonglanzes. Inaug.-Diss. Berlin (Freiburg i./Br.) 1884, 10. Ref. in dieser Zeitschr. 1885, 12, 78.

3) Leipzig 1874, 14 u. 155.

4) Eine kurze, vorläufige Notiz über dieselbe gab ich in der Sitzung der niederrh. Ges. f. Nat.- u. Heilkunde am 2./3. 1896; Kölnische Zeitung Nr. 279, 25./3. 1896.

der genannten Kluft entfernt, noch einige abbauwürdige Bleierzvorkommen aufgeschlossen sein. In der Lettenkluft kommen ausser dem Bleiglanz noch die Ihnen übergebenen Blendekrystalle vor.«

Diese auffallend hellen, manchmal fast farblosen Krystalle finden sich theilweise in Letten, theilweise in Bleiglanz eingewachsen. Alle sind bis auf einen einzigen mit einem dünnen Kupferkiesüberzuge versehen. Die Grösse schwankt zwischen 6 und 15 mm im Durchmesser.

Die Krystalle zeigen oktaëdrischen Habitus durch gleichzeitiges Auftreten der beiden Tetraëder, welche annähernd im Gleichgewichte stehen. Die meisten sind Zwillinge nach $\{211\}2O2$, welche, abgesehen von der Beschaffenheit der einzelnen Krystallflächen, mit den Spinellzwillingen nach $\{111\}O$ übereinstimmen. Oft sind Zwillingslamellen nach zwei verschiedenen Tetraëderflächen eingelagert.

Zu einer richtigen Aufstellung der Krystalle gelangt man nach den von Becke gegebenen Regeln [1]) auf folgende Weise:

Bei allen Krystallen ist der Unterschied zwischen den Flächen der beiden Tetraëder deutlich erkennbar, doch äussert derselbe sich auch hier mehr in dem »tektonischen Aufbau wie in dem Glanz oder der Oberflächenbeschaffenheit der verschiedenen Tetraëderflächen«.

Bei dem von Kupferkies freien Krystalle zeigen die Flächen des positiven Tetraëders $\varkappa\{111\}+\frac{O}{2}$, ebenso wie die des Hexaëders, ein gekörneltes Aussehen. Es rührt dasselbe entweder von zusammengelaufenen Aetzgrübchen oder von sogenannter Skelettbildung her. Die Begrenzungsflächen einzelner grösserer Grübchen spiegeln in dem Fernrohrgoniometer fast mit den Flächen des Dodekaëders ein und gehören diesem oder einem, dem Dodekaëder vicinalen, positiven Deltoiddodekaëder an. Fasst man diese Grübchen als natürliche Aetzgrübchen auf, und dafür sprechen die gleichzeitig mit der Blende vorkommenden, stark angeätzten Bleiglanzkrystalle, so deuten dieselben, wenn die bei künstlichen Aetzfiguren erhaltenen Resultate auf natürliche angewandt werden, darauf hin, dass die mit denselben versehenen Flächen als positive aufzufassen sind. In ähnlicher Weise natürlich angeätzte Zinkblendekrystalle sind auch von Sadebeck und Becke beobachtet worden [2]).

In den dadurch bestimmten negativen Octanten treten Flächen auf, die bislang nur in solchen beobachtet sind. Ferner kommen in denselben Octanten noch krummflächige Elemente vor, welche nach Becke für die negativen Octanten besonders charakteristisch sind [3]).

1) Becke, Tschermak's Mittheilungen 1883, 5, 523. Ref. diese Zeitschr. 11, 54 f.

2) Sadebeck, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1878, 30, 594 (Freiberg). Becke, Tschermak's Mittheil. 1883, 5, 518; 1888, 9, 14 (Přibram, Freiberg).

3) Becke, Tschermak's Mittheilungen 1883, 5, 525.

Es wäre ja wünschenswerth, die Beweise für die richtige Aufstellung der Krystalle durch Aetzversuche zu erhärten, doch stand dem bei den mit Kupferkies bedeckten Krystallen dieser Ueberzug, bei dem von Kupferkies freien Krystalle die schon vollzogene natürliche Aetzung und das fremde Eigenthum dieses einen Krystalles hindernd im Wege.

Der allgemeine Habitus der mit Kupferkies bedeckten Krystalle ist in den Fig. 3 und 4, Taf. I wiedergegeben. An den einfachen Krystallen tritt neben $\varkappa\{111\} + \frac{O}{2}$, $\varkappa\{1\bar{1}1\} - \frac{O}{2}$, $\{110\}\infty O$, $\{100\}\infty O\infty$ noch ein negatives Deltoiddodekaëder auf, das nach Analogie bei dem von Kupferkies freien Krystalle $\varkappa\{3\bar{3}1\} - \frac{3O}{2}$ sein kann. Eben dieselbe Combination zeigen auch die nach $\{211\}2O2$ in Zwillingsstellung befindlichen Individuen.

Theils ist $\varkappa\{111\} + \frac{O}{2}$, theils $\varkappa\{1\bar{1}1\} - \frac{O}{2}$ die glänzendere Fläche. Ist das negative Tetraëder glänzender, so zeigt $\varkappa\{111\} + \frac{O}{2}$ eine rauhe Oberfläche, welche wohl davon herrührt, dass sich der Kupferkies auf der durch vorhergehende Aetzung oder durch »Skelettbildung« rauhen Oberfläche absetzte.

Die Flächen des negativen Tetraëders sind nie völlig eben, sondern immer gestreift, und zwar in der Richtung der Kante mit dem positiven Tetraëder, eine Folge der Neigung zur Bildung von Dodekaëdern und Deltoiddodekaëdern, unter denen $\varkappa\{3\bar{3}1\} - \frac{3O}{2}$ vorzuherrschen scheint. Daneben tritt noch untergeordnet eine andere Streifung auf, welche von der Neigung herrührt, Triakistetraëder zu bilden. Das Auftreten dieser Streifungen führt dann zur Bildung von dreiseitigen und sechsseitigen Erhebungen, von aufgesetzten »Elementarkrystallen«. Oft wird diese Bildung ganz regelmässig, und das negative Tetraëder durch das Deltoiddodekaëder vollständig verdrängt, wie das der Zwilling Fig. 4 zeigt.

Dieser Aufbau des negativen Tetraëders ist schon häufig beobachtet worden, wird aber auch hin und wieder von dem positiven Tetraëder angegeben[1]).

Genauere Bestimmungen dieser Elementarkrystalle (»Subindividuen«) haben nur G. vom Rath und Hintze angegeben.

G. vom Rath hat an Krystallen von Rodna in Siebenbürgen Erhebun-

1) Klein, Neues Jahrbuch f. Min. 1872, 897.
Sadebeck, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1878. 591, 594.
Becke, Tschermak's Mittheilungen 1883, 5,
Krenner, Földtani Közlöny 1888, 18, 151.

gen auf den Tetraëderflächen beobachtet und als aufgesetzte Platten von $\varkappa\{3\bar{2}2\} - \frac{\frac{3}{2}O\frac{3}{2}}{2}$ gedeutet[1]). Das Vorzeichen ist hierbei aber nicht gesichert[2]).

Hintze beschrieb einen Zinkblendekrystall von Striegau, bei dem auf den einen Tetraëderflächen sich oktaëdrische »Subindividuen« erheben, an denen beide Tetraëder sich im Gleichgewichte befinden, und ausserdem noch das Dodekaëder und ein Triakisoktaëder $\{331\}\,3O$ auftreten, das heisst sowohl $\varkappa\{331\} + \frac{3O}{2}$, wie $\varkappa\{3\bar{3}1\} - \frac{3O}{2}$ [3]).

Unter den Adenauer Zinkblenden besitzen die »Elementarkrystalle« an dem von Kupferkies freien Krystalle einen so hohen Grad der Vollkommenheit, dass sich an diesem eine genauere Bestimmung vornehmen liess.

Die Flächen der meisten auf $\varkappa\{1\bar{1}1\} - \frac{O}{2}$ auftretenden »Elementarkrystalle« gehören einem negativen Deltoiddodekaëder $\varkappa\{3\bar{3}1\} - \frac{3O}{2}$ an. Wenn die ausgeführten Messungen auch nur Schimmermessungen waren, so stimmt das Mittel aus je drei Messungen an den drei Kanten des Deltoiddodekaëders im Betrage von

$$37^0\,45\tfrac{1}{3}'$$

mit dem berechneten Werthe von

$$37^0\,51{,}8'$$

hinreichend überein.

Würden nun die auf $\varkappa\{1\bar{1}1\} - \frac{O}{2}$ auftretenden Elementarkrystalle alle nur diesem Deltoiddodekaëder entsprechen, so würde das obere Ende dieses Krystalles in idealer Ausbildungsweise Fig. 5 entsprechen. Fig. 6 zeigt einen dieser Elementarkrystalle in grösserem Maassstabe zugleich mit untergeordneten Dodekaëderflächen. Ausser diesen kommen nun aber auf denselben Tetraëderflächen auch Elementarkrystalle vor, welche nur von dem Dodekaëder angehörenden Flächen begrenzt werden (Fig. 7), dessen Kanten in manchen Fällen aber auch durch das Triakistetraëder $\varkappa\{2\bar{1}1\} - \frac{2O2}{2}$ gerade abgestumpft werden (Fig. 8). Dieses durch den Zonenverband schon bestimmte Auftreten von $\varkappa\{2\bar{1}1\} - \frac{2O2}{2}$ wurde noch durch Messungen bestätigt:

---

1) G. vom Rath, Verh. d. naturhist. Ver. d. preuss. Rheinlande. Bonn 1879, **36**. Sitz.-Ber. 280. Diese Zeitschr. 1879, **4**, 429.

2) Goldschmidt, Index der Krystallformen. Berlin 1891, **3**, 354.

3) Hintze, diese Zeitschr. 1887, **13**, 161.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(101):(1\bar{1}2)$	$30^{0}18'$	$30^{0}\ 0'$
$(0\bar{1}1):(1\bar{1}2)$	29 56,5	30 0
$(1\bar{1}0):(1\bar{1}2)$	54 54	54 44,1

Das Deltoiddodekaëder $\varkappa\{3\bar{3}1\} - \frac{3O}{2}$ ist dasselbe, welches auch Hintze an seinen »Subindividuen« beobachtet hat. Es tritt aber an den Elementarkrystallen der Adenauer Blende nur negativ auf, während Hintze dasselbe gleichzeitig positiv beobachtete.

Diese auf einer Fläche gemachten Beobachtungen wiederholen sich auch auf den anderen des negativen Tetraëders, nur zeichnet sich jene Fläche vor den anderen durch die Regelmässigkeit und Ebenflächigkeit der Elementarkrystalle aus.

Von einigem Interesse ist auch noch das untere Ende des in Fig. 5 abgebildeten Krystalles wegen der hier auftretenden, mannigfaltigeren Formen. Sicher bestimmt wurden nämlich durch den Zonenverband, wie durch die Messung: $\varkappa\{311\} + \frac{3O3}{2}$, $\varkappa\{2\bar{2}1\} - \frac{2O}{2}$ und $\varkappa\{3\bar{2}2\} - \frac{\frac{3}{2}O\frac{3}{2}}{2}$, während die Bestimmung von $\varkappa\{9\bar{2}2\} - \frac{\frac{9}{2}O\frac{9}{2}}{2}$ nur als eine angenäherte zu bezeichnen ist.

Mit Einschluss der schon vorher angeführten Formen wurden also an dem von Kupferkies freien Krystalle beobachtet: $\varkappa\{111\} + \frac{O}{2}$, $\varkappa\{1\bar{1}1\} - \frac{O}{2}$, $\{110\}\infty O$, $\{100\}\infty O\infty$, $\varkappa\{2\bar{1}1\} - \frac{2O2}{2}$, $\varkappa\{3\bar{1}1\} + \frac{3O3}{2}$, $\varkappa\{3\bar{2}2\} - \frac{\frac{3}{2}O\frac{3}{2}}{2}$, $\left[\varkappa\{9\bar{2}2\} - \frac{\frac{9}{2}O\frac{9}{2}}{2}\right]$, $\varkappa\{2\bar{2}1\} - \frac{2O}{2}$, $\varkappa\{3\bar{3}1\} - \frac{3O}{2}$, während an den mit Kupferkies überzogenen Krystallen natürlich nur eine erheblich geringere Zahl von Flächen beobachtet und bestimmt werden konnte.

E. K.

50. Gemeiner Quarz aus dem niederrheinischen Tertiär und aus den Gängen des Devon des rheinischen Schiefergebirges.

In den tieferen limnischen Ablagerungen des niederrheinischen Tertiärs sind Schichten loser Gerölle und fester Conglomerate eines weissen bis grauen gemeinen Quarzes von grosser Ausdehnung und Mächtigkeit vorhanden. Die Herkunft dieser Quarze ist schon öfters erörtert worden; die grösste Wahrscheinlichkeit hat die Annahme, sie stammten hauptsächlich aus den im rheinischen Schiefergebirge aufsetzenden Quarz- und Erzgängen.

Zur Prüfung dieser Annahme untersuchte ich behufs einer geologischen Bearbeitung der hiesigen tertiären Ablagerungen einige Quarze dieser Ge-

rölle und jener Gänge in ihrem näheren Verhalten unter dem Mikroskope und bei einer Aetzung mit Flusssäure. Soweit diese Beobachtungen mineralogisches Interesse bieten, sollen sie an dieser Stelle eine kurze Darstellung finden.

a) Quarzkrystalle aus den tertiären Kieselconglomeraten.

In den Kieselconglomeraten
1) bei Heisterbach im Siebengebirge,
2) beim Zilliger Heidchen zwischen Niederbachem und Lannesdorf unweit Mehlem,
3) in den Kiesgruben auf der Höhe südöstlich von Duisdorf, westlich von Bonn,
4) in den Kiesgruben am Stallberge bei Siegburg

finden sich hin und wieder Quarzkrystalle, welche nur an den Kanten einer geringen Abrundung erlegen sind. Von diesen Krystallen zeichnet sich der von Heisterbach vor den anderen durch seine Grösse aus (7 : 6 : 6 cm); $\varkappa\{10\bar{1}1\}+R$ und $\varkappa\{01\bar{1}1\}-R$ sind gleichmässig entwickelt. Diese Form und auch die schalige Structur (»Amethyststructur«) entspricht vollständig den im rheinischen Devon in Gängen auftretenden gemeinen Quarzkrystallen.

In ihm finden sich, seiner weissen Färbung entsprechend, sehr viele Einschlüsse von Flüssigkeiten und Gasen. Theils zeigen diese Einschlüsse ganz regellose, schlauchförmige Umrisse, theils sogenannte negative Krystallformen.

Die meisten Poren sind regellos vertheilt. In einzelnen, dem Wachsthume des Krystalles entsprechenden Schalen sind die Poren in grösserer Zahl angehäuft. Von diesen sind viele nach einer Richtung gleichmässig gestreckt, derart, dass sie senkrecht auf den Wachsthumsschalen stehen. Die meisten Poren enthalten sogenannte Libellen, welche bei gewöhnlicher Temperatur nur geringe Ortsveränderung zeigen, die bei Erwärmung des Schliffes sehr viel lebhafter wird.

Da die Grösse der Gasblase bei Erwärmung des Schliffes bis auf etwa 110° sich nicht ändert, so kann die eingeschlossene Flüssigkeit nur wässeriger Natur sein.

Der Durchmesser dieser Poren geht bis zu 4,5 μ, nur einzelne Poren von grösserem Durchmesser (5,3 μ und 9 μ) wurden beobachtet.

In den vollständig abgerundeten Quarzkieseln von Römlinghoven bei Obercassel sind gleiche Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse vorhanden, deren Gasblasen bei Erwärmung des Präparates ebenfalls nicht verschwanden. Die Poren sind in diesen Kieseln ganz unregelmässig vertheilt.

Um die chemische Natur der eingeschlossenen Flüssigkeit zu ermitteln, wurde bei 110°—120° sorgfältig getrocknetes Pulver eines weissen Quarz-

kiesels von Heisterbach in einem einseitig zugeschmolzenen Glasrohre vor dem Gebläse stark erhitzt. Infolge der Decrepitation frei werdendes Wasser sammelte sich in dem kälteren Theile des Rohres an.

Um das Vorhandensein von Kohlensäure nachzuweisen, wurde das mit Salzsäure ausgekochte Pulver eines solchen Quarzkiesels in einem Kugelrohre unter Durchleiten eines kohlensäurefreien Luftstromes erhitzt, und die abziehenden Gase durch frisch bereitetes Kalkwasser geleitet. Schon kurze Zeit nach Beginn des Erhitzens zeigte sich eine, wenn auch nicht erhebliche, so aber doch merkliche Trübung des Kalkwassers.

In einem anderen Stücke desselben Quarzkiesels liess sich auch Chlor nachweisen, bei Anwendung derselben Vorsichtsmaassregeln, wie sie schon F. Zirkel angewandt hat[1]).

Die Einschlüsse in den Quarzkieseln von Heisterbach — auch solche von Römlinghoven bei Obercassel wurden auf dieselbe Weise und mit demselben Resultate untersucht — sind also mit Kohlensäure und Chlorsalz-haltigem Wasser angefüllt.

Durch Anätzen einer nach $\{0001\}0R$ geschliffenen Fläche mit etwa 20 % Flusssäure[2]) zeigt sich, dass die verschiedenen Schalen ungleich stark angegriffen werden. Die durch zahlreiche Poren trüberen Schalen wurden mit Flusssäure stärker angeätzt. Es entstehen auf diese Weise sogenannte »Aetzgräben«[3]). Zwischen den einzelnen Aetzgräben bleiben auf der Quarzplatte einzelne Leisten stehen, welche Bömer bei seinen Aetzungen als Aetzwälle aufgefasst hat[4]).

Die ganze Platte zeigt dabei die schon von Leydolt und Bömer beschriebenen Aetzfiguren. Es scheinen auch hier innerhalb der einzelnen Lamellen Zwillingsverwachsungen von gleichen Quarzen vorzukommen. Ob die einzelnen Lamellen optisch verschiedenen Quarzen angehören, liess sich nicht feststellen, da für eine optische Untersuchung die Quarze zu wenig lichtdurchlässig sich erwiesen, und die Aetzfiguren, besonders bei den zahlreich durchsetzenden Sprüngen, von denen aus die Säure stärker ätzt, nicht die genügende Schärfe besassen.

Wohl aber liess sich die Bömer'sche Beobachtung[5]), dass die Aetzfiguren auf $x\{0001\}0R$, entgegen den Angaben von Leydolt und A. C. Gill[6]), Aetzhügel sind, bestätigen.

---

1) F. Zirkel, Neues Jahrb. f. Min. 1870, 805.
2) Die Verdünnung der Säure bezieht sich auf gewöhnliche, rauchende Flusssäure.
3) Vgl. Baumhauer, Resultate der Aetzmethode. Leipzig 1894, 6.
Leydolt, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien, math.-nat. Cl. 1855, **15**, 80.
4) Bömer, Neues Jahrb. f. Min. 1891, Beil.-Bd. **7**, 539. Ref. diese Zeitschr. **22**, 286. Vergl. Baumhauer, Resultate d. Aetzmeth. 6.
5) Bömer, Neues Jahrb. f. Min. 1891, Beil.-Bd. **7**, 534.
6) Vergl. Baumhauer, Resultate der Aetzmethode 80.

b) Die Aetzflächen des Quarzes von der Grube Eleonore bei Fellingshausen (Bergrevier Wetzlar).

Ueber das Vorkommen und die Krystallform dieser Quarze haben Trapp[1]) und Streng[2]) schon berichtet. Die Krystalle kommen in dem mulmigen, manganreichen Brauneisensteine dieser Grube lose und zerbrochen oder in zusammenhängenden Drusen vor. Die beiden Rhomboëder $\varkappa\{10\bar{1}1\}+R$, $\varkappa\{01\bar{1}1\}-R$ und das Prisma $\{10\bar{1}0\}\infty R$, letzteres oft nur als schmale Abstumpfung der Pyramidenkanten, sind sichtbar.

Streng beobachtete an diesen Krystallen als Seltenheit Abstumpfungen der Prismen- und der »Pyramidenkanten«. Unter den Krystallen der hiesigen Sammlung habe ich keinen einzigen aufgefunden, der eine solche Abstumpfung zeigt. Die Entstehung dieser Flächen schrieb Streng natürlichen Aetzungen zu, wobei als Aetzungsmittel dieselben »Gewässer« auftraten, welche den Dolomit in Spatheisenstein und diesen wieder in Eisenhydroxyd verwandelt haben.

Da an diesen Krystallen die gewöhnlichen Trapezflächen, wie auch $\varkappa\{11\bar{2}1\}\frac{2P2}{4}$ nicht vorhanden sind, so fehlte Streng jeder äussere Anhaltspunkt zur Beurtheilung, ob die Krystalle rechte oder linke sind.

Bei einer Aetzung von Krystallen dieses Fundortes mit 40—50% Flusssäure[3]) stellte sich heraus, dass hier sowohl rechte wie linke Krystalle vorkommen, und dass alle Zwillinge nach dem bekannten Zwillingsgesetze mit parallelen Axen unter gegenseitiger Durchdringung beider Individuen sind. Die Zwillingsgrenze überschreitet hier sehr häufig die »Pyramidenkanten«, ähnlich wie es Bömer beim gemeinen Quarze von Suttrop nachgewiesen hat[4]). Dabei kommen nur Verwachsungen gleicher Quarze vor. Verwachsungen von ungleichen Quarzen, wie sie Bömer und Molengraaff aufgefunden haben, wurden an den Krystallen von Fellingshausen nicht beobachtet.

Die von Streng beobachteten oberen Trapezflächen treten an allen Prismenkanten auf wegen der nach der Aetzung immer zu beobachtenden Zwillingsbildung.

An den »negativen Polkanten«[5]) $(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)+R:-R$ treten bei rechten Krystallen Aetzflächen (»Prärosionsflächen«) auf, die nach einer

---

1) C. Trapp, Die Brauneisensteinlager des oberen Bieber-Thales bei Giessen. Ber. d. oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilk. 1873, **14**, 31.

2) A. Streng, Vorläufige Mittheilung über den Quarz von der Grube Eleonore am Dünstberge bei Giessen. Ber. d. oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilk. 1878, **17**, 36—42. — Diese Zeitschr. 1884, **9**, 309. — Neues Jahrb. f. Min. 1879, 156.

3) S. o. S. 57 Anm. 2.

4) Bömer, Neues Jahrb. f. Min. 1891, Beil.-Bd. **7**, 527.

5) Vergl. Molengraaff, diese Zeitschr. 1888, **14**, 174. [Negative Polkanten sind die analogen, über den Trapezflächen liegenden »Pyramidenkanten«.]

Messung gegen die beiden Rhomboëder ungleich geneigt sind, also einem Skalenoëder und zwar einem negativen angehören.

An einem linken Zwillinge mit den Endkanten von $\varkappa\{10\bar{1}1\}+R$ trat als Aetzfläche an dieser Kante sowohl $\varkappa\{01\bar{1}2\}-\frac{1}{2}R$, wie auch ein stumpfes Skalenoëder auf. Keine dieser beiden Flächen ist von Streng als natürliche Aetzfläche beobachtet worden.

Die »negative Polkante« dieser Zwillinge $(10\bar{1}1):(1\bar{1}01)+R:-R$ war nicht, wie bei den rechten Krystallen, nur von einer, sondern von zwei Aetzflächen abgestumpft, welche sich durch die Messung als ein positives und ein negatives Skalenoëder erwiesen. Das positive Skalenoëder könnte mit einer von Streng beobachteten Fläche übereinstimmen.

Eine genauere Berechnung der Symbole dieser Aetzflächen wurde nicht vorgenommen, da nur der Schimmer der Flächen zur Einstellung benutzt werden konnte, und deshalb der Bestimmung der Indices keine grosse Bedeutung beigemessen werden kann.

Der Unterschied, der zwischen den von Streng beobachteten natürlichen Aetzflächen und den von mir durch Einwirkung verdünnter Flusssäure erhaltenen Aetzflächen besteht, kann nicht auffallen, da das Aetzmittel in der Natur ein ganz anderes gewesen ist.

c) Quarz aus dem Taunusquarzit des Bleidenstädter Kopfes bei Wiesbaden.

Den abgerollten Quarzkrystallen aus den tertiären Kieselconglomeraten entsprechen nach Vorstehendem die Krystalle von Fellingshausen. Gleichzeitig mit ersteren vorkommenden, derben Quarzkieseln entspricht nun ein derber Gangquarz aus dem Taunusquarzit vom Bleidenstädter Kopf nördlich von Wiesbaden, den Herr Prof. Laspeyres im vergangenen Herbste für meine Untersuchungen dort geschlagen hat.

Die Flüssigkeitseinschlüsse sind darin in »Porenzügen« angeordnet, wie man sie bei pyrogenen Quarzen häufig zu beobachten Gelegenheit hat. Der Querschnitt der zwischen diesen einzelnen Zügen freibleibenden Felder beträgt nur den Bruchtheil eines Quadratmillimeters.

Bei stärkerer Vergrösserung dieser Porenanhäufungen sieht man hin und wieder wohl »negative Krystallformen«, meist aber bloss schlauchförmige, unregelmässige Gestalten. Auch hier muss die eingeschlossene Flüssigkeit, da eine Veränderung des Grössenverhältnisses von Gas zu Flüssigkeit bei Erwärmung des Präparates bis auf etwa 110° nicht zu bemerken war, wässeriger Natur sein.

Die chemische Untersuchung, in gleicher Weise ausgeführt wie bei dem Quarze von Heisterbach, ergab die Anwesenheit von höchst geringen Mengen Chlor, während die Anwesenheit von Kohlensäure sich nicht nachweisen liess.

E. K.

III. Ueber das Vorkommen von Pollucit, Mangano-Columbit und Mikrolith bei Rumford in Maine.

Von

H. W. Foote in New Haven.

(Mit 2 Textfiguren.)

Im Frühjahre 1895 erhielt Herr S. L. Penfield von Herrn E. M. Bailey in Andover, Maine, verschiedene Mineralien vom Black Mountain, Rumford, Maine, zur Bestimmung eingesendet. Unter denselben fand sich auch ein, wie gewöhnlicher weisser Quarz oder Beryll aussehendes, Mineral, das sich bei näherer Prüfung als das so seltene und interessante Mineral Pollucit erwies. Herr Penfield hat darauf hin im Sommer in Begleitung des genannten Herrn den Fundort besucht und eine weitere Ausbeute an Pollucit und seinen Begleitmineralien erhalten.

Die Mineralien fanden sich in einer Partie körnigen Granits, welcher, jedoch ohne Erfolg, auf edlen Turmalin abgebaut worden war, dagegen erwies sich die Fundstelle als von ungewöhnlichem mineralogischem Interesse und wurde daher nach dieser Richtung hin weiter ausgebeutet. Ausser grosskrystallinischem Quarz, Feldspath und Glimmer fanden sich daselbst: rosarother, grüner und weisser Turmalin in eingewachsenen Krystallen; blassrother Lepidolith, sowohl körnig als in Krystallen mit hexagonalem Umriss; Spodumen, zuweilen in Krystallen, meist aber nur in spaltbaren Massen; Amblygonit ziemlich reichlich, aber nur in spaltbaren Massen; Beryll nicht sehr gewöhnlich; Zinnerz ziemlich reichlich in unregelmässigen Massen und selten in kleinen, aber deutlichen Krystallen; schwarzer Columbit; Pollucit und sehr selten Mangano-Columbit und Mikrolith.

Pollucit.

Dieses Mineral wurde in den Vereinigten Staaten zuerst bei Hebron in Maine durch Herrn L. B. Merrill beim Schürfen nach edlem Turmalin aufgefunden. Eine ausführliche Beschreibung dieses Vorkommens nebst chemischer Analyse und Discussion der chemischen Zusammensetzung gab

H. L. Wells[1]). Das Material von Hebron fand sich nur in losen Stücken in zwei Hohlräumen, während es zu Rumford, das etwa 30 Ml. nördlich von Hebron gelegen ist, mit Quarz, Albit, Muscovit, Turmalin, Lepidolith und Spodumen verwachsen ist. Die Stücke sind nicht besonders ansehnlich; weder der Pollucit, noch die begleitenden Mineralien, mit Ausnahme des Turmalins, sind gut krystallisirt. Die unregelmässigen Massen des Pollucits sind zuweilen sehr gross, bis zu 10 cm Durchmesser. Kleinere Partikel des Minerals sind farblos und vollständig durchsichtig, die grösseren derben Partien dagegen sehen aus, als wenn sie zerquetscht worden wären und sind daher weiss. Der Quarz der Fundstelle ist meist rauchgrau, so dass er leicht durch sein Ansehen vom Pollucit unterschieden werden kann; doch findet sich auch eine ganz weisse Varietät, und alsdann ist es meist unmöglich, ohne physikalische oder chemische Hilfsmittel die beiden Mineralien auseinander zu halten. Herrn Bailey gebührt das Verdienst, die Verschiedenheit des Pollucit vom Quarz erkannt und dadurch die Untersuchung veranlasst zu haben.

Obgleich der Pollucit sich in Massen von ziemlich beträchtlicher Grösse findet, ist sein Vorkommen doch kein reichliches zu nennen; es steht aber zu erwarten, dass nun, nachdem das Mineral als solches erkannt, bei sorgfältigem Nachforschen mehr von demselben gefunden werden wird. Es scheint gar nicht unmöglich, sogar sehr wahrscheinlich, dass der Pollucit gar kein so seltenes Mineral auf den Turmalin- und Lepidolith-Lagerstätten Maines ist, er vielmehr nur bislang übersehen worden ist in Folge seines mit Quarz völlig übereinstimmenden Aussehens und des Mangels an charakteristischen Krystallen.

Zum Zwecke der Analyse wurde mit Hilfe von Kaliumquecksilberjodidlösung das allerreinste Material isolirt; das specifische Gewicht des zur Analyse verwendeten lag zwischen 2,938 und 3,029 (Differenz: 0,091). Wells gab 2,986 und 2,976 für das Mineral von Hebron an. Der Gang der Analyse war folgender:

Die Substanz wurde mehrere Stunden lang mit starker Salzsäure bis zur völligen Zersetzung behandelt, und Kieselsäure und Thonerde auf gewöhnliche Weise bestimmt. Das Filtrat von dem Thonerdeniederschlag wurde zur Trockene eingedampft, und die Ammoniumsalze unter grösster Vorsicht ausgetrieben. Die Chloride der Alkalien wurden mit sehr wenig Salzsäure aufgenommen, und hinlänglich Bleichlorid zugefügt, um alles Cäsium als Cs_2PbCl_6[2]) zur Ausscheidung zu bringen. Alsdann wurde durch die heisse Lösung Chlor geleitet und allmählich, schliesslich mit Eis, abgekühlt. Durch diese Operation wird nahezu alles Cäsium abgeschieden,

---

1) Diese Zeitschr. **19**, 63.

2) Amer. Journ. Sc. 1893, **46**, 186.

welches in einen Gooch'schen Tiegel filtrirt, mit Salzsäure gewaschen, alsdann mit Chlor gesättigt, bei 100° getrocknet und als Cs_2PbCl_6 gewogen wurde. Das Filtrat wurde zur Trockene verdampft, der Rückstand mit Wasser aufgenommen, das Blei mit Schwefelwasserstoff entfernt, und Kalium und zurückgebliebenes Cäsium gefällt und als Platinchlorid gewogen; aus dem hieraus bestimmten Platin wurden alsdann das Kalium und Cäsium berechnet. Lithium und Natrium wurden vom Platin befreit und mittelst Amylalkohol getrennt. Von Rubidium konnten vermittelst des Spectroskopes nur Spuren entdeckt werden.

Das Wasser wurde durch heftiges Glühen der Substanz über einer starken Gebläselampe bestimmt.

Im Nachstehenden sind die Resultate der Analyse mitgetheilt, ihnen sind die von Wells an dem Mineral von Hebron gewonnenen beigefügt.

	I.	II.	Mittel:	Mol.-Verhältniss:			Hebron:
SiO_2	43,75	43,54	43,64		0,727	9,00	43,51
Al_2O_3	16,77	16,90	16,84		0,165	2,03	16,30
Cs_2O	36,25	36,03	36,14	0,128			36,10
K_2O	0,33	0,42	0,37	0,004	0,168	2,07	0,48
Na_2O	2,06	2,11	2,09	0,033			1,68
Li_2O	0,03	0,13	0,08	0,003			0,05
H_2O	1,57	1,59	1,58		0,082	1,01	1,50
	100,76	100,72	100,74			CaO =	0,22
							99,84

Die von mir gefundenen analytischen Resultate stimmen in bemerkenswerther Weise mit jenen des Herrn Wells überein, und das Verhältniss 9 : 2 : 2 : 1 führt auf die Formel $H_2Cs_4Al_4(SiO_3)_9$, wie auch Wells gefunden hat.

In einem kürzlich erschienenen Artikel »Ueber die Constitution der Silicate«[1]) hat Clarke auch die Formel des Pollucits besprochen und zwei Formeln in Erwägung gezogen, eine, $H_2Cs_2Al_2Si_5O_{15}$, abgeleitet aus der Rammelsberg'schen Analyse des Elbaner Pollucits, und eine zweite, die von Wells. Der Letztere hat indessen gezeigt, dass seine Formel völlig correct ist und besser mit den früheren Analysen übereinstimmt, als jene von Rammelsberg. Die vorstehende neue Analyse bestätigt diese Ansicht vollständig.

Vielen Dank schulde ich dem Herrn Prof. Wells für seine werthvollen Rathschläge bezüglich des Ganges der Analyse.

Mangano-Columbit.

Dieses Mineral fand sich in eingewachsenen Krystallen, welche selten mehr als 10 mm Länge erreichten. Die Farbe ist dunkel röthlichbraun,

1) Bull. U. S. Geol. Survey 1895, No. 125, p. 81.

ungemein ähnlich jener des Rutils. Das verfügbare Material war leider nicht hinreichend zu einer quantitativen Analyse; qualitative Versuche aber ergaben das Vorhandensein von Mangan, Tantal und Niob. Das specifische Gewicht, welches sorgfältigst auf einer chemischen Waage bestimmt wurde (angew. Substanz 0,3242 g), ergab sich zu 6,44. Aus demselben geht hervor, dass die chemische Zusammensetzung zwischen einem Niobat und einem Tantalat in der Mitte steht und sich derjenigen des Mangancolumbits von Branchville, analysirt von Comstock[1]), nähern wird.

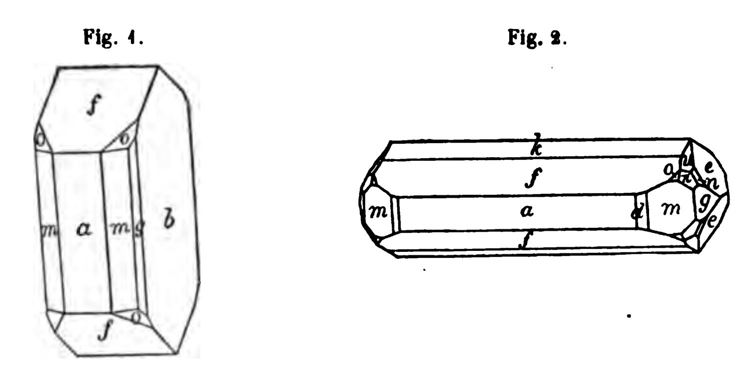


Fig. 1. Fig. 2.

Die Krystalle zeigen einen auffallend wechselnden Habitus, am häufigsten prismatisch in der Richtung der c-Axe (Fig. 1), zuweilen verlängert nach b Fig. 2, oder endlich auch in allen Richtungen annähernd gleichmässig entwickelt. Eine sehr gute Spaltbarkeit verläuft parallel $b(010)$. Die beobachteten Formen sind übereinstimmend mit denen des Columbit, nämlich: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $d\{730\}$, $m\{110\}$, $g\{120\}$, $k\{103\}$, $f\{102\}$, $e\{021\}$, $o\{111\}$, $u\{133\}$, $\pi\{121\}$, $n\{163\}$.

Einige wenige, aber ausgezeichnet spiegelnde Flächen gaben die untenstehenden Werthe, welche zur Berechnung des Axenverhältnisses benutzt wurden; zum Vergleich sind die entsprechenden von E. S. Dana am Columbit erhaltenen Werthe beigesetzt.

	Mangano-Columbit:	Columbit:
$m:m$	$= (110):(\bar{1}10) = 79^0 47'$	$79^0 17'$
$f:f$	$= (102):(\bar{1}02) = 55\ 40$	$56\ 28$
$a:b:c$	$= 0,8359 : 1 : 0,8817$	$0,8285 : 1 : 0,8898$

Die Abweichung im Axenverhältnisse wird unzweifelhaft bedingt durch den isomorphen Ersatz sowohl der Säure wie der Basen. Die Messungen Dana's sind am Columbit von Standish, Maine, ausgeführt; dieses Mineral hat das specifische Gewicht 5,65 und enthält, der Analyse Allen's zufolge, nur eine kleine Menge Tantal und Mangan.

1) Amer. Journ. Sc. 1880, **19**, 131. Diese Zeitschr. **4**, 616.

Messungen der übrigen Flächen, von denen übrigens einige weniger befriedigende Reflexe gaben, folgen in Nachstehendem.

	Berechnet:	Gemessen:	Berechnet für Columbit:
$f : f' = (102):(\bar{1}02) =$	55° 40′	55° 40′	56° 28′
$k : k' = (103):(\bar{1}03)$	38 47	38 52	39 23½
$d : d''' = (730):(7\bar{3}0)$	39 25	39 56	39 6
$m : m''' = (110):(1\bar{1}0)$	79 47	79 47	79 17
$g : g''' = (130):(1\bar{3}0)$	136 31	136 51	136 10
$g : g' = (130):(\bar{1}30)$	43 29	44 5	43 50
$e : e' = (021):(0\bar{2}1)$	120 57	—	121 20
$m : o = (110):(111)$	36 0¼	35 55	35 38½
$o : o' = (111):(\bar{1}11)$	76 44	—	77 29
$o : o''' = (111):(1\bar{1}1)$	62 30½	—	62 27½
$\pi : \pi' = (121):(\bar{1}21)$	55 0	55 3	55 30
$\pi : \pi''' = (121):(1\bar{2}1)$	101 2	—	100 59
$n : n' = (163):(\bar{1}63)$	19 42	—	19 54
$n : n''' = (163):(1\bar{6}3)$	118 0	—	118 20
$u : u''' = (133):(1\bar{3}3)$	79 32	—	79 54

Eine Abweichung vom Columbit zeigen diese Krystalle in ihrem Habitus, nämlich die, dass die Form f {102}, welche an allen diesen Krystallen vorherrscht, am Columbit eine sehr seltene ist und nur in ganz untergeordneter Entwickelung an demselben beobachtet wurde.

Mikrolith.

Von diesem Mineral fanden sich an der genannten Localität, wenn auch spärlich, sehr schöne Krystalle von honiggelber Farbe und hohem Glanz. Ihre Grösse erreicht durchschnittlich 2 mm. Die vorherrschende Form ist das Oktaëder, combinirt mit dem Dodekaëder und zuweilen auch mit {113}; der Habitus ist alsdann völlig gleich demjenigen des Pyrochlors bei Dana VIth ed. p. 762. Das specifische Gewicht bestimmte Prof. Penfield mit 0,2642 g zu 5,17; dieser Werth ist etwas niedrig für Mikrolith und wahrscheinlich verursacht durch das Vorhandensein von ein wenig mehr Niobium, als dies gewöhnlich der Fall ist.

Die qualitative Untersuchung ergab Calcium und Tantal in beträchtlichem Ueberschusse über Niobium.

Am Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Prof. Penfield für seine wissenschaftliche Unterstützung und Herrn Bailey für seine freigebige Lieferung der seltenen und interessanten Mineralien von diesem Fundorte meinen Dank auszusprechen.

IV. Ueber Pearceït, ein Sulfarsenit des Silbers, und über die Krystallisation des Polybasit.

Von

S. L. Penfield in New Haven, Conn.

(Mit 4 Textfiguren.)

Pearceït.

Das Mineral, welches in Nachstehendem als Pearceït beschrieben werden soll, ist ein Sulfarsenit des Silbers, Ag_9AsS_6 oder $9Ag_2S.As_2S_3$, analog dem Polybasit Ag_9SbS_6, und gleich diesem dadurch charakterisirt, dass ein Theil des Silbers durch Kupfer und manchmal auch durch geringe Mengen Eisen und Zink vertreten ist. Es ist durchaus kein neues Mineral, indem schon früher eine arsenhaltige Varietät des Polybasit aufgefunden, aber nicht mit einem speciellen Namen belegt wurde. H. Rose beschrieb[1]) und benannte zuerst den Polybasit im Jahre 1828, und im Jahre 1833 publicirte er[2]) eine Analyse einer Species von Schemnitz, welche Arsen und nur Spuren von Antimon enthielt, während in dem ursprünglichen, von ihm beschriebenen, Polybasit von Durango in Mexico sowohl Arsen als auch Antimon zugegen war. Er erkannte die Thatsache, dass die beiden genannten Elemente isomorph sind und sich wechselseitig vertreten können. Die Polybasite von Durango, Freiberg in Sachsen, Přibram, der Two Sisters Mine bei Georgetown, der Yankee Boy Mine bei Ouray, der Sheridan Mine bei Telluride in Colorado und vom Comstock Lode in Nevada, also augenscheinlich die der meisten Fundorte, sind im Wesentlichen die antimonhaltige Varietät. Es ist deshalb in der mineralogischen Litteratur die Zusammensetzung des Polybasit als einem Sulfantimonit von Silber entsprechend angegeben. Rammelsberg[3]) theilte eine von Joy ausgeführte Analyse eines Polybasit von Cornwall mit, derzufolge Arsen und Antimon in etwa gleichen Molekularproportionen vorhanden sein sollen. Schliesslich hat der Schreiber dieses in

1) Pogg. Ann. 1829, **15**, 573.
2) Pogg. Ann. 1833, **28**, 56.
3) Mineralchemie 1860, 102.

Gemeinschaft mit Stanley H. Pearce[1]) Analysen von Arsenpolyb (Pearceït) von der Mollie Gibson Mine, Aspen, Colorado, mitgetheilt. l letztere Material war nicht deutlich krystallisirt, fand sich aber in gros Menge und bildete das Erz, welches die Hauptmenge des Silbers zu je Zeit brachte.

Die Aufmerksamkeit des Verfs. wurde neuerdings auf das Vorkomn eines ausgezeichnet krystallisirten Pearceït oder Arsenpolybasit hingeleı welcher auf der Drumlummon Mine, Marysville, Lewis und Clarke (Montana, aufgefunden worden war. Das Mineral wurde von Herrn R. F. B liss von der Montana Mining Co. an Herrn Rich. Pearce zur Untersuchı eingesendet, welcher durch Herrn F. C. Knight eine 'quantitative Unt suchung vornehmen liess. Es ergaben sich hierbei folgende Zahlen:

	Gefunden:	Verhältniss:			Berechnete Werthe für $Ag_2 : Cu_2 : Fe = 255 : 143$
S	17,71 ÷ 32 = 0,553			11,95	17,96
As	7,39 ÷ 75 = 0,098			2,11	7,02
Ag	55,17 ÷ 216 = 0,255				55,61
Cu	18,11 ÷ 127 = 0,143		0,417	9,00	18,34
Fe	1,05 ÷ 56 = 0,019				1,07
Unlösl.	0,42				
	99,85				100,00

Herr Pearce erkannte die Zugehörigkeit des untersuchten Mine zum Polybasit, in dem aber an Stelle des Antimons Arsen getreten ist. H Pearce übergab mir daher Analyse und Material, um mich darüber äussern. Wie aus den obigen Werthen ersichtlich, ist das Verhältniss $S : As : (Ag_2 + Cu_2 + Fe)$ nahezu wie 12 : 2 : 9, welches dem von der Pc basitformel geforderten entspricht. Nimmt man die Metalle in demsell Verhältniss, wie sie in der Analyse gefunden wurden, d. h. $Ag_2 : Cu_2 : Fe$ 255 : 143 : 19, und berechnet die theoretische Zusammensetzung, so erl man mit der Analyse sehr befriedigend übereinstimmende Resultate.

Obgleich Antimon und Arsen isomorph sind und sich wechselse ersetzen können, ist es doch in der Mineralogie gebräuchlich und als l quem erfunden worden, die Sulfantimonite und Sulfarsenite als besond Species zu unterscheiden und dieselben mit eigenen Namen zu benenn Der Verf. schlägt deshalb vor, den Namen Polybasit auf die Antimonv bindung Ag_9SbS_6 zu beschränken und die entsprechende Arsenverbindı Ag_9AsS_6 als eigene Species aufzustellen. Für dieselbe habe ich den Nan Pearceït gewählt, zu Ehren meines Freundes Richard Pearce in Denv der durch seinen regen wissenschaftlichen Eifer und seine Beziehungen einem der grössten Schmelz- und Raffinirwerke Colorados sowohl

1) Americ Journ. Sc. 1892, 15. Diese Zeitschr. 23, 525.

wissenschaftlichen Welt, als auch jenen Kreisen, welche für die Entwickelung der Minenindustrie der Rocky Mountain-Region Interesse haben, bekannt geworden ist. An dieser Stelle sei auch Herrn Bayliss, welcher sich für den Verlauf der Untersuchung sehr interessirte und alles erhaltbare Material freigebigst zu meiner Verfügung stellte, mein bester Dank ausgesprochen.

Es scheint am zweckmässigsten, an dieser Stelle alle Analysen von Pearceït, welche, wie schon angeführt, früher als solche von Arsenpolybasit publicirt worden sind, wiederzugeben. In den berechneten Zahlen ist das Verhältniss der Metalle dasselbe, wie in der beistehenden Analyse.

I. H. Rose, $Ag_2 : Cu_2 : Zn : Fe = 335 : 24 : 9 : 6$.

II. Penfield, nach Abzug von 12,81 % Beimengungen, meist PbS, $Ag_2 : Cu_2 : Zn = 263 : 117 : 43$.

III. S. H. Pearce, nach Abzug von 28,18 Beimengungen, meist PbS, $Ag_2 : Cu_2 : Zn = 276 : 102 : 49$.

	I. Schemnitz		II. Aspen, Colo.		III. Aspen		Berechn. für Ag_9AsS_6
	Gef.:	Ber.:	Gef.:	Ber.:	Gef.:	Ber.:	
S	16,83	16,19	18,13	18,13	17,73	18,02	15,50
As	6,23	6,32	7,01	7,08	6,29	7,03	6,05
Sb	0,25	—	0,30	—	0,18	—	—
Ag	72,43	73,47	56,90	57,07	59,73	59,06	78,45
Cu	3,04	3,08	14,85	14,91	12,91	12,77	—
Zn	0,59	0,60	2,81	2,81	3,16	3,12	—
Fe	0,33	0,34	—	—	—	—	—
	99,70	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Krystallisation.

Die Krystallform des Pearceït ist monoklin, aber mit grosser Annäherung an rhomboëdrische Symmetrie. Der Habitus ist gewöhnlich hexagonal mit vorherrschender Basis, die Randzonen sind oft sehr flächenreich. Das Material, an dem krystallographische Beobachtungen angestellt werden konnten, stammt alles von einem einzigen Stück, an welchem die Krystalle, auf Quarz sitzend, in Kalkspath eingewachsen waren und durch Entfernen des letzteren mit verdünnter Säure freigelegt werden konnten. Unglücklicherweise sind die Krystalle dicht aneinander gewachsen und stören sich so gegenseitig mehr oder minder, auch sind dieselben zersprungen, höchstwahrscheinlich infolge der heftigen Erschütterungen beim Sprengen. Die Folge hiervon ist, dass die Krystalle beim Wegätzen des Kalkspathes in Stücke zerfallen, so dass meist nur Bruchstücke zur Messung verwendet werden konnten. Die Flächen sind von ausgezeichnetem metallischen Glanze und geben, wenn sie nicht durch Streifen oder Vicinalflächen gestört sind, ausgezeichnete Reflexe. Die Bestimmung der Krystall-

form, sowie des Axenverhältnisses erwies sich als eine schwierige Sache infolge des fragmentarischen Charakters der Krystalle, ihrer Gruppirung, oft in nahezu paralleler Stellung, einer wahrscheinlichen Verzwilligung und wegen ihrer grossen Annäherung an rhomboëdrische Symmetrie. Es mussten deshalb sehr zahlreiche Messungen an einer Reihe von Krystallen angestellt werden, um eine befriedigende Lösung des Problems zu erhalten.

Zu Fundamentalwinkeln wurden die folgenden ausgewählt:

$$m : m = (110):(\bar{1}10) = 60^\circ\ 2'$$
$$c : d = (001):(102) = 25\ \ 3$$
$$c : a = (001):(100) = 89\ \ 51$$

aus welchen sich folgendes Axenverhältniss berechnet:

$$a : b : c = 1,7309 : 1 : 1,6199;$$
$$\beta = (00\bar{1}):(\bar{1}00) = 89^\circ 51'.$$

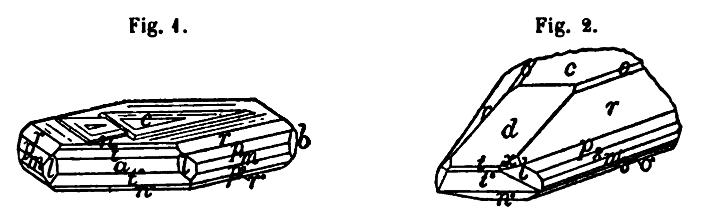
Die Krystalle sind ungemein flächenreich, und es scheint mir daher am besten, vor der Wiedergabe der beobachteten Formen ihre Art und ihr Vorkommen näher zu erörtern. Die Basis $c\{001\}$ ist vorherrschend; sie ist von hexagonalem oder dreiseitigem Umriss und charakterisirt durch dreiseitige Streifung und Vicinalflächen, so dass oftmals genaue Messungen an ihr unmöglich sind. Das Prisma $m\{110\}$ und das Pinakoid $a\{100\}$ sind nahezu rechtwinklig zu c und 60° gegen einander geneigt, so dass die Combination völlig wie ein hexagonales Prisma aussieht, und es manchmal unmöglich ist, a von m zu unterscheiden oder ohne genaue Messungen festzustellen, ob die Formen zwischen c und a oder c und m den spitzen oder stumpfen Winkel abstumpfen. Es ist ferner sehr wahrscheinlich, dass eine Zwillingsbildung vorhanden ist, und zwar ähnlich derjenigen bei den Glimmern oder Chloriten, wo die Zwillingsebene senkrecht zu c steht in der Zone $m : c$, und die einzelnen Zwillingstheile übereinander geschoben sind, mit c als Zusammensetzungsfläche; doch konnte hierfür kein absoluter Beweis beigebracht werden. Die Krystalle sind undurchsichtig und können daher auch nicht optisch untersucht werden, wie dies Miers[1]) bei den von ihm beschriebenen Zwillingen dieser Art am Polybasit thun konnte.

Diese Zwillingsbildung muss, wenn sie, wie es den Anschein hat, wirklich vorhanden ist, eine gewisse Unsicherheit in der Identificirung einiger Formen in den Zonen zwischen c und a und c und m zur Folge haben; ebenso scheint sie zum Theil auch das so ausgesprochen rhomboëdrische Aussehen mancher dieser Krystalle zu bedingen. Soweit beobachtet werden konnte, sind öfters ähnliche Flächen in ungefähr gleicher Entwickelung über und unter m und a in den Randzonen der Basisflächen vorhanden; doch inwieweit dies durch Zwillingsbildung bedingt sein kann, ist unmög-

1) Diese Zeitschr. **19**, 113.

lich festzustellen. Die Flächen in diesen Zonen sind ausserdem noch gestreift parallel ihrer gegenseitigen Durchschnittsrichtung. Die vorherrschenden sind *r* und *p* und r^0 und p^0, *n* und *t* und n^0 und t^0 (vergl. Fig. 1 und die Zusammenstellung der Formen unten); andere Flächen, besonders *e* und

Fig. 1. Fig. 2.



e^0, *f* und f^0, *s* und s^0 und *u* und u^0 sind ebenfalls oft zugegen. *q* bildet, wenn sie auftritt, stets eine vorherrschende, matte Fläche, welche sich nicht an der horizontalen Streifung der anderen Flächen der Zone betheiligt. Zwischen *c*{001} und *l* {310} wurden nur gelegentlich Formen beobachtet, und diese waren stets schmal; ihre correspondirenden Formen zwischen {001} und {$\bar{3}$10} wurden nicht wahrgenommen. Das Pinakoid *b*{010} wurde als solches bestimmt nicht allein durch die symmetrische Anordnung der Flächen in Bezug auf dieselbe, sondern auch durch die Aehnlichkeit der Winkel, welche die anliegenden ähnlichen Flächen zeigen. Das Prisma *l*{310} ist oft ebenso gross entwickelt wie *b* und entspricht mit dem letzteren einem hexagonalen Prisma zweiter Ordnung. Das Prisma *h*{130} und das horizontale Prisma *k*{021} wurden zusammen an nur einem einzigen Krystall als schmale, symmetrisch zum Pinakoid *b* gelegene Flächen beobachtet.

Fig. 1 zeigt den vorwaltenden Typus eines Krystalles mit hexagonalem Aussehen, den charakteristischen dreiseitigen Wachsthumserscheinungen auf der Basis, aber nur mit den am meisten vorherrschenden der vorhandenen schiefen Flächen. Zwei Fragmente wurden gefunden, welche in ihrem Aussehen wesentlich der Fig. 2 gleichen. Diese hatten einen ausgesprochen monoklinen Habitus und waren von allen beobachteten Krystallen am meisten frei von Streifung, vicinalen Flächen und Anzeichen einer etwaigen Zwillingsbildung; an ihnen wurden die oben gegebenen Fundamentalmessungen gewonnen.

Einige wenige Krystalle sind bemerkenswerth durch ihre Grösse; die hexagonalen Tafeln haben einen Durchmesser von 3 cm und etwa 1 cm Dicke, sind aber mit drusigem Quarz überzogen und deshalb zu Messungen ungeeignet. Das Stück mit den grössten Krystallen hat Herr Bayliss dem Autor für die Brush'sche Sammlung geschenkt. Die Krystalle, von welchen die Messungen erhalten wurden, haben einen Durchmesser von weniger als 4 mm.

Die nachstehende Liste enthält die beobachteten Formen; doch kann,

wie bereits angeführt, Zwillingsbildung verursachen, dass ähnliche Formen sowohl an den spitzen wie an den stumpfen Winkeln auftreten, und diese in den Zonen zwischen *c* und *a* und *c* und *m* wiederkehren.

$a = \{100\}$	$d = \{102\}$	$t^0 = \{\bar{2}01\}$	$s = \{221\}$	$s^0 = \{\bar{2}21\}$
$b = \{010\}$	$n = \{101\}$	$e^0 = \{\bar{4}01\}$	$u = \{331\}$	$u^0 = \{\bar{3}31\}$
$c = \{001\}$	$t = \{201\}$	$f^0 = \{\bar{6}01\}$	$o^0 = \{\bar{1}14\}$	$x = \{311\}$
$l = \{310\}$	$e = \{401\}$	$o = \{114\}$	$q^0 = \{\bar{1}13\}$	$y = \{313\}$
$m = \{110\}$	$f = \{601\}$	$r = \{112\}$	$r^0 = \{\bar{1}12\}$	$z = \{3.1.12\}$
$h = \{130\}$	$\Delta = \{\bar{2}03\}$	$p = \{111\}$	$p^0 = \{\bar{1}11\}$	
$k = \{021\}$	$n^0 = \{\bar{1}01\}$	$v = \{332\}$	$v^0 = \{\bar{3}32\}$	

Die diesen entsprechenden, von **Miers** am Polybasit beobachteten Formen sind *c*, *m*, *n*, *t*, *p*, *s*, *r* und *w* {109}.

Die folgende Zusammenstellung der gemessenen Winkel enthält diejenigen Werthe, welche sich auf von Streifung und anderen störenden Einflüssen freie Flächen beziehen. Sie wurden meist an den beiden schon erwähnten Krystallfragmenten vom Habitus der Fig. 2 gewonnen, und wo mehrere Messungen gegeben sind, repräsentiren dieselben solche in verschiedenen Zonen oder an verschiedenen Krystallen. Wie ersichtlich, sind gemessene und berechnete Werthe ziemlich gut übereinstimmend, und es mag deshalb wohl angenommen werden, dass auch das Axenverhältniss ziemlich genau ausgefallen ist.

		Berechnet:	Gemessen:		
$c : a$	$= (001):(100)$	$= 89°51'$	*89°51′,	89°49′	
$c : l$	$= (001):(310)$	89 52	89 48,	89 54	
$c : m$	$= (001):(110)$	89 55½	89 55	—	
$m : m$	$= (110):(\bar{1}10)$	60 2	*60 2	—	
$b : m$	$= (010):(110)$	30 1	30 1,	30 1	
$a : l$	$= (100):(310)$	29 59	29 58,	29 57½	
$b : h$	$= (010):(130)$	10 54	10 53	—	
$b : k$	$= (010):(021)$	17 9	17 5	—	
$c : d$	$= (001):(102)$	25 3	*25 3,	25 2½	
$c : n$	$= (001):(101)$	43 2	43 4,	43 5	
$c : e^0$	$= (001):(40\bar{1})$	104 49	104 53½	—	
$c : t^0$	$= (001):(20\bar{1})$	118 0	117 56	—	
$c : n^0$	$= (001):(10\bar{1})$	136 49½	136 52½	—	
$c : r$	$= (001):(112)$	43 3	43 3,	43 6,	43°0′
$c : p$	$= (001):(111)$	61 49	61 56	—	—
$d : r$	$= (102):(112)$	36 14	36 12,	36 16	—
$b : p$	$= (010):(111)$	40 15	40 12,	40 12	—
$b : p^0$	$= (010):(\bar{1}11)$	40 10½	40 8	—	—
$b : s$	$= (010):(221)$	33 12	33 12	—	—
$c : y$	$= (001):(313)$	47 9	47 10,	47 7	—

In der nachstehenden Tabelle sind die berechneten Winkel der meisten Flächen zu der Basis gegeben in solcher Anordnung, dass die geringen Abweichungen von einander und von rhomboëdrischer Symmetrie bei den Formen d, o und o^0; Δ und q^0; n, r, n^0 und r^0; t, p, t^0 und p^0; v und v^0; e, s, e^0 und s^0; endlich f, u, f^0 und u^0 erkannt werden können.

$c:d$ = 25° 3′	$c:n^0$ = 43° 10½′	$c:v$ = 70° 19′	$c:f$ = 79° 45′
$c:o$ = 25 3	$c:r^0$ = 43 7½	$c:v^0$ = 70 27	$c:u$ = 79 49½
$c:o^0$ = 25 4½	$c:t$ = 61 46½	$c:e$ = 74 54	$c:f^0$ = 80 2
$c:\Delta$ = 32 0	$c:p$ = 61 49	$c:s$ = 75 0	$c:u^0$ = 79 58
$c:q^0$ = 31 58	$c:t^0$ = 62 0	$c:e^0$ = 75 11	$c:z$ = 15 6½
$c:n$ = 43 2	$c:p^0$ = 61 56	$c:s^0$ = 75 6	$c:y$ = 47 9
$c:r$ = 43 3			$c:x$ = 72 44

Physikalische Eigenschaften. Pearceït ist spröde, hat unregelmässigen bis muschligen Bruch und keinerlei deutliche Spaltbarkeit. Die Härte ist etwa 3. Die Bestimmung des specifischen Gewichtes mittelst der chemischen Wage an drei verschiedenen Proben sorgfältigst ausgesuchten Materials ergab 6,125, 6,160 und 6,166, im Mittel 6,15. Der Glanz ist metallisch, die Farbe und der Strich schwarz; undurchsichtig selbst in den dünnsten Splittern. Bei den Rothgültigerzen ist die Arsenverbindung, der Proustit, durchsichtiger als die Antimonverbindung, Pyrargyrit, und so sollte man natürlich erwarten, den Pearceït durchsichtiger zu finden als den Polybasit; dass dies nicht der Fall ist, mag wohl darin seine Ursache haben, dass der in Rede stehende Pearceït 18% Kupfer enthält, während die publicirten Analysen des Polybasit gewöhnlich nur 5, nie aber über 10% von diesem Element anzeigen.

Löthrohrverhalten und Anderes. Vor dem Löthrohre decrepitirt der Pearceït leicht und schmilzt bei ungefähr 1. Auf Holzkohle in der Oxydationsflamme giebt er einen leichten Beschlag von As_2O_3 und mit Borax und Soda bei weiterem Erhitzen ein metallisches Silberkorn. Im offenen Rohre giebt er SO_2 ab und ein flüchtiges Sublimat von As_2O_3, im geschlossenen Rohre schmilzt das Mineral und liefert ein gelbes Sublimat von Arsensulfid und über letzterem einen schwachen Schwefelbeschlag. Das Pulver wird sehr leicht von Salpetersäure zersetzt und oxydirt, die Lösung liefert mit Salzsäure eine reichliche Silberfällung, und nach Zusatz von Ammoniak die charakteristische blaue Färbung des Kupfers, wobei gleichzeitig etwas Eisenhydroxyd fällt.

Vorkommen. Zufolge den mir von Herrn Bayliss gemachten Mittheilungen haben sich die Pearceïtkrystalle, mit Quarz und Calcit eine Kluft auskleidend, nur an einer einzigen Stelle in der Drumlummon Mine gefunden, und es war trotz sorgsamer Nachforschung nicht möglich, ähnliche Krystalle auch in anderen Theilen der Grube aufzufinden. In Ge-

sellschaft mit dem Pearceït wurde auch etwas Kupferkies angetroffen. Auf der Drumlummon Mine wurden hochhaltige Silber- und Golderze gewonnen, und auf einem Erzstücke wurde auch silberhaltiges Fahlerz (Freibergit) beobachtet.

Die Krystallisation des Polybasit.

Rose beschrieb ursprünglich seinen Polybasit als hexagonal-rhomboëdrisch, und als solcher wurde er auch betrachtet bis zum Jahre 1867, wo Des Cloizeaux[1]) beobachtete, dass die durchsichtigen Platten im convergenten Lichte keine einaxige, sondern eine zweiaxige Interferenzfigur erkennen lassen und daher nicht rhomboëdrisch sein können. Die Krystalle wurden alsdann dem rhombischen Systeme zugezählt, aber in jeder Beschreibung die Annäherung an rhomboëdrische Symmetrie hervorgehoben. Die früheren Messungen Breithaupt's[2]) sind unzuverlässig, wahrscheinlich wegen der Schwierigkeit der Beschaffung zur Messung geeigneten Materiales, und wir verdanken die erste Reihe sorgfältiger Messungen Herrn Miers[3]), welche derselbe an Krystallen des British Museum gewonnen hat. Auch er stiess auf Schwierigkeiten, verlässliche Messungen zu erhalten, da die Winkel zwischen ähnlichen Flächen gewöhnlich beträchtliche Schwankungen aufwiesen, meist ein viertel bis einen halben Grad. Er betrachtet die Krystalle als rhombisch mit folgenden Formen: $c\{001\}$, $w\{109\}$, $t\{201\}$, $p\{111\}$, $m\{110\}$, $n\{101\}$, $r\{112\}$, $s\{221\}$.

Ausgezeichnete Winkel sind: $m : m = (110):(\bar{1}10) = 60^\circ 10'$; $c : n = (001):(101) = 42^\circ 24'$ und $c : p = (001):(111) = 61^\circ 14'$; das Axenverhältniss ist $a : b : c = 1,7262 : 1 : 1,634$. Miers hat ferner beobachtet, dass die Krystalle, im polarisirten Lichte untersucht, in keinerlei Stellung dunkel werden, und daraus gefolgert, dass dieselben verzwillingt seien in der Art, wie es bereits S. 68 beim Pearceït erwähnt worden ist. Er bemerkt die Unmöglichkeit, zu unterscheiden zwischen den schiefen Flächen r und p, in der Zone zwischen c und m, von n und t, in der Zone zwischen c und a, und macht darauf aufmerksam, dass die einzige in ersterer Zone gelegene, zur Basis rechtwinklige Form das Prisma $m(110)$ ist, und dass das Pinakoid $a(100)$ fehlt. Wenn sechs Flächen in der Prismenzone vorkommen, so sind jene, welche die Lage des Pinakoids a einnehmen, die Prismenflächen m in Zwillingsstellung.

Dana[4]) acceptirt die Miers'schen Messungen als Grundwerthe, giebt aber den Krystallen eine solche Stellung, dass der stumpfe Winkel des Prismas $m : m$ nach vorn gedreht erscheint.

Unter den Vertretern dieses Minerals in der Brush'schen Sammlung

---

1) Nouvelles Recherches 1867, p. 85.

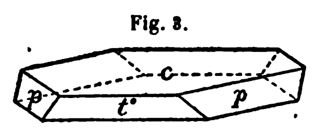
2) Charakteristik des Mineralsystems 1832, S. 266.

3) Diese Zeitschr. **19**, 413.

4) System of Min. 6th ed., p. 146.

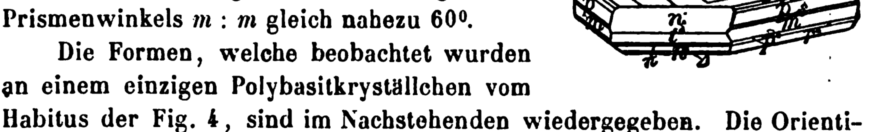
in New Haven fand sich ein Stück von der Grube »Himmelfahrt« bei Freiberg mit Krystallen von der in Fig. 3 dargestellten Form, welche anscheinend eine Combination von Rhomboëder mit Basis darstellen. Bei Untersuchung im polarisirten Lichte wurden diese Krystalle jedoch niemals dunkel, waren also verzwillingt; im convergenten Lichte zeigten dieselben meist eine ganz verwirrte Interferenzfigur, obgleich stellenweise auch die normale der zweiaxigen Krystalle zu beobachten war. Aeusserlich giebt sich die Zwillingsbildung in gar Nichts zu erkennen, ausgenommen vielleicht in dem unebenen Charakter der Basis c, welcher hervorgebracht sein kann durch eine Zwillingsbildung nach $m(110)$ und eine geringe Abweichung des Winkels $c:m$ von 90°. Der Krystall giebt nur minder gute Reflexe, doch konnte der Winkel von c gegen das scheinbare Rhomboëder zu $61\frac{1}{2}°$ und jener der letzteren Flächen zu einander zu $80\frac{1}{2}°$ gemessen werden. Es ist schwer, diese anscheinend rhomboëdrische Ausbildung bei Annahme des rhombischen Systemes zu erklären, während es bekannt ist, dass monokline Mineralien mit Prismenwinkel von nahe 60°, wie z. B. die Glimmer, Chlorite und der Leadhillit, eine ganz ausgesprochene Tendenz aufweisen, rhomboëdrische Symmetrie nachzuahmen, was rhombisch krystallisirende Verbindungen, wie z. B. Kupferglanz, Aragonit und Witherit, niemals erkennen lassen. Es scheint mir daher gebotener, die Krystallform des Polybasit, gleich der des Pearceït, als monoklin zu betrachten; die anscheinend rhomboëdrische Form in Fig. 3 ist deshalb mit p und t^0 bezeichnet worden mit dem Vorbehalte, dass hinsichtlich ihrer Identificirung noch eine Ungewissheit vorhanden ist.

Fig. 3.



Im Sommer des Jahres 1891 hat der Verfasser, während er einige Untersuchungen für die U. States Geol. Surv. ausführte, eine Collection von Mineralien aus der Yankee Boy Mine bei Ouray gesammelt, welche dank dem liebenswürdigen Entgegenkommen des Leiters genannter Grube, Herrn Dr. F. M. Endlich, eine sehr reichhaltige geworden ist. Auf den Handstücken, vergesellschaftet mit Pyrargyrit und aufgewachsen auf Quarz, fanden sich einige kleine, aber bemerkenswerth vollkommene Krystalle von Polybasit. Das Vorkommen dieses Minerals auf genannter Grube hat bereits Herr Endlich mitgetheilt [1]), die Indentificirung basirte damals zum Theil mit auf den vom Verf. ausgeführten Messungen des Prismenwinkels $m:m$ gleich nahezu 60°.

Fig. 4.



Die Formen, welche beobachtet wurden an einem einzigen Polybasitkryställchen vom Habitus der Fig. 4, sind im Nachstehenden wiedergegeben. Die Orienti-

1) Diese Zeitschr. **20**, 486.

rung wurde abgeleitet aus der symmetrischen Anordnung der Flächen Bezug auf das Prisma $l\{310\}$.

$c = \{001\}$	$J = \{\bar{2}03\}$	$o = \{114\}$	$u = \{331\}$?
$l = \{310\}$	$n^0 = \{\bar{1}01\}$	$r = \{112\}$	$o^0 = \{\bar{1}14\}$
$m = \{110\}$	$\pi = \{\bar{1}03\}$	$p = \{111\}$	$r^0 = \{\bar{1}12\}$
$n = \{101\}$	$t^0 = \{\bar{2}01\}$	$s = \{221\}$	$p^0 = \{\bar{1}11\}$.

Der Krystall selbst war zu undurchsichtig, um eine optische Unt suchung zu ermöglichen, doch liessen dünnere Kryställchen dersell Localität tief roth gefärbtes Licht hindurch und zeigten Andeutungen v Zwillingsbildung.

Zu Fundamentalwinkeln wurden die folgenden genommen:

$$c : m = (001 : 110) = 90^0\ 0'$$
$$m : m = (110 : \bar{1}10) = 60\ \ 2$$
$$c : n = (001 : 101) = 42\ 23$$

Aus denselben leitet sich nachstehendes Axenverhältniss ab:

$$a : b : c = 1,7309 : 1 : 1,5796 ; \quad \beta = 90^0\ 0'.$$

Die nachstehende Tabelle giebt ein Verzeichniss der gemessenen Winl werthe, welche meist an einem Krystall erhalten wurden. Die in Klamı befindlichen Werthe sind angenäherte Messungen von sehr kleinen Fläch

	Berechnet:	Gemessen:		Grenzen bei Mie
$c : m = (001 : 110)$	$= 90^0\ 0'$	$*90^0\ 0'$	$90^0\ 4'$	
$c : l = (001 : 310)$	90 0	90 0	90 2	
$m : m = (110 : \bar{1}10)$	60 2	*60 2	60 0	$60^0\ 10'$
$c : n = (001 : 101)$	42 23	*42 23	42 23	$40\ 48 - 42^0$
$c : J = (001 : \bar{2}03)$	31 19	31 22	—	— —
$c : n^0 = (001 : \bar{1}01)$	42 23	42 23	—	— —
$c : \pi = (001 : \bar{1}03)$	50 35	50 44	—	— —
$c : t^0 = (001 : \bar{2}01)$	61 17	61 25	—	$61\ \ 8 - 61$
$c : o = (001 : 114)$	24 31	(24 43)	—	— —
$c : r = (001 : 112)$	42 22	(42 43)	(42 9)	$40\ 48 - 42$
$c : p = (001 : 111)$	61 16	61 15	61 7	$61\ \ 5 - 61$
$c : s = (001 : 221)$	74 40	74 48	—	$73\ 55 - 75$
$c : u = (001 : 331)$	79 39	78 2 ?	—	— —
$c : o^0 = (001 : \bar{1}14)$	24 31	24 36	—	— —
$c : r^0 = (001 : \bar{1}12)$	42 22	42 24	—	— —
$c : p^0 = (001 : \bar{1}11)$	61 16	(60 35)	—	— —
$l : p = (310 : 111)$	40 35½	40 36	—	— —
[illegible] $= (111 : \bar{1}12)$	49 26	49 27	—	— —
[illegible] $= (\bar{1}12 : \bar{2}01)$	49 24	49 38	—	— —
[illegible] $= (\bar{2}01 : $[illegible]$)$	4[illegible] 34	4[illegible] 34	—	— —

Die Uebereinstimmung zwischen den gemessenen und den berechneten Werthen ist sicherlich eine sehr befriedigende, so dass gewiss auch anzunehmen ist, dass dem berechneten Axenverhältniss eine entsprechende Genauigkeit zukommt. Dass die Krystallisation wirklich monoklin ist, zeigt sich in der Entwickelung und Anordnung der Flächen, aber der Winkel β weicht so wenig von 90^0 ab, dass die etwaige Abweichung davon innerhalb der Beobachtungsfehler liegt. Von vier Messungen von $c : l$, welche an streifenfreien, ausgezeichnet spiegelnden Flächen angestellt werden konnten, gaben zwei $90^0 0'$, die beiden anderen $90^0 2'$. Sechs unabhängige Messungen von $c : m$ schwankten zwischen $90^0 0'$ und $90^0 6'$, aber die m-Flächen waren leicht gestreift, so dass die Messungen nicht ganz so zuverlässig sind als jene von $c : b$.

Beziehungen von Pearceït und Polybasit zu einander und zu anderen Mineralien.

Pearceït und Polybasit zeigen, wie zu erwarten war, eine nahe Beziehung zu einander in Allem, was deren Krystallisation betrifft. In der Arsenverbindung erkennt man die Eigenschaft des Arsens, die Hauptaxe etwas zu vergrössern gegenüber der Antimonverbindung, wie aus der folgenden Nebeneinanderstellung der Axenverhältnisse und der Winkel $c : p$ oder p^0 sich ergiebt:

	$a : b : c$	β	$c : p$ und p^0	
Pearceït	1,7309 : 1 : 1,6199	$89^0 51'$	$61^0 49'$ —	$61^0 56'$
Polybasit	1,7309 : 1 : 1,5796	90 0	61 16	—

Eine weitere, sehr interessante Beziehung dieser, die rhomboëdrische Symmetrie nachahmenden Mineralien ist deren ungemeine Aehnlichkeit mit den rhomboëdrischen Rothgültigerzen Proustit Ag_3AsS_3 und Pyrargyrit Ag_3SbS_3, wie dies aus den Beziehungen der Verticalaxen und der Winkel ersichtlich ist.

		$c : p$ oder p^0				$c : s$
Pearceït	$\frac{1}{2}c = 0{,}8099$	$61^0 49'$ —	$61^0 56'$	Proustit	$c = 0{,}8039$	$61^0 41\frac{1}{2}'$
Polybasit	$\frac{1}{2}c = 0{,}7898$	61 16	—	Pyrargyrit	$c = 0{,}7891$	61 15
Differenz	$= 0{,}0201$			Differenz	$= 0{,}0148$	

Die Verticalaxe ist länger bei den Arsenverbindungen als bei den Antimonverbindungen und um ungefähr denselben Betrag bei beiden Klassen. Bei Proustit und Pyrargyrit ist s das Rhomboëder $\{02\bar{2}1\}$ — $2R$.

Die rhombischen Sulfide Chalcosin Cu_2S und Stromeyerit $CuAgS$ zeigen ebenfalls eine nahe und auffallende Beziehung zu den beiden in Rede stehenden Mineralien. Dieselbe wird am besten ersichtlich, wenn die Stellung der ersteren durch einfache Vertauschung der Axen a und b geändert wird, indem man den stumpfen Prismenwinkel an das Ende der b-Axe, statt an jenes der a-Axe stellt. Es ergiebt sich alsdann:

	a : b : c	β	m : m (110) : (1̄10)	c : p oder p⁰
Chalcosin	1,7176 : 1 : 1,6663	90° 0′	60° 25′	62° 35½′
Stromeyerit	1,7176 : 1 : 1,6603	90 0	60 25	·62 30
Pearceït	1,7309 : 1 : 1,6199	89 54	60 2	61 49 — 61° 5
Polybasit	1,7309 : 1 : 1,5796	90 0	60 2	61 16

Obgleich diese Mineralien in unserer chemischen Classification w auseinander stehen, sind die Differenzen zwischen den zwei ersteren u den zwei letzteren Verbindungen nicht so sehr gross; da *Cu* und *Ag* is morph sind, haben wir die allgemeine Formel $R_2'S$ für die ersteren u $R_2'S + \frac{1}{9}As_2S_3$ resp. Sb_2S_3 für die letzteren.

Bei einer Vergleichung der ganzen Gruppe von Sulfarseniten u Sulfantimoniten ergiebt sich als eine sehr interessante und bemerker werthe Erscheinung, dass die Mehrzahl derselben, welche gut krystallis sind, Prismenwinkel von nahezu 60° aufweisen und solche Formen in d anderen Zonen, welche auf ganz ähnliche Verticalaxen bezogen werd können, wie die der Chalcosin- und Polybasitgruppe. Diese Beziehung zeigt die nachstehende Tabelle, worin die Verbindungen nach ihrer Ba cität geordnet sind. Die Winkel- und Axenverhältnisse sind der 6. Au

Name	Zusammensetzung	Kryst.-Syst.	a : b : c	β	m : m′	c : p od. entsprech.	Aende der Ax gegenüb Dana Stellur
Chalcosin	Cu_2S	O	1,748 : 1 : 1,666		60° 25′	62° 35′	a = b
Pearceït	$9Ag_2S.As_2S_3$	M	1,734 : 1 : 1,620	89° 54′	60 2	61 49	
Polybasit	$9Ag_2S.Sb_2S_3$	M	1,731 : 1 . 1,580	90 0	60 2	61 46	
Stephanit	$5Ag_2S.Sb_2S_3$	O	1,589 : 1 : 1,633		64 21	62 37	a = b.
Geokronit	$5PbS.Sb_2S_3$	O	1,723 : 1 : 1,732		60 16		a = b.
Jordanit	$4PbS.As_2S_3$	M	1,862 : 1 : 1,883	90 33 [1]	56 30	65 1	b = c.
Meneghinit	$4PbS.Sb_2S_3$	O	1,891 : 1 : 1,831		55 45		a = b.
Proustit	$3Ag_2S.As_2S_3$	R	1,732 : 1 : 1,608		60 0	61 44½	
Pyrargyrit	$3Ag_2S.Sb_2S_3$	R	1,732 : 1 : 1,578		60 0	61 15	
Xanthokonit	$3Ag_2S.As_2S_3$	M	1,919 : 1 : 1,523	88 47	55 4		
Pyrostilpnit	$3Ag_2S.Sb_2S_3$	M	1,946 : 1 : 1,646	90 0	53 21		
Bournonit	$3(Pb,Cu_2)S.Sb_2S_3$	O	1,875 : 1 : 1,793	f : f =	56 8	63 48	2a.
Freieslebenit	$5(Pb,Ag_2)S.2Sb_2S_3$	M	1,703 : 1 : 1,580	92° 14′ [1]	60 48		a = b
Dufrenoysit	$2PbS.As_2S_3$	O	1,531 : 1 : 1,876	i : i =	66 18		a = c
Jamesonit	$2PbS.Sb_2S_3$	O	? : 1 : 1,830				a = c
Sartorit	$PbS.As_2S_3$	O	1,856 : 1 : 1,722		56 38		a = b
Zinkenit	$PbS.Sb_2S_3$	O	1,794 : 1 : 1,709		58 17		a = b

M = monoklin. O = orthorhombisch. R = rhomboëdrisch.

1) In Folge der Aenderung der Stellung der Axen wird der schiefe Winkel für danit γ anstatt β und für Freieslebenit α statt β.

von Dana's Mineralogie entnommen, mit Ausnahme derjenigen des Xanthokonit und Pyrostilpnit, welche nach Miers[1]) angegeben sind, und der Elemente des Jordanit, die der Arbeit Baumhauer's[2]) entnommen wurden.

In der Mehrzahl der Fälle in obiger Tabelle besteht die Aenderung von der Dana'schen Stellung der Mineralien in einfacher Vertauschung der Axen *a* und *b* und in einer Multiplication der Verticalaxe mit einem einfachen Factor. Wie man aus der Tabelle ersieht, ist die Verticalaxe der Arsenverbindungen: Pearceït, Jordanit, Proustit, Dufrenoysit und Sartorit grösser als die jener der entsprechenden Antimonverbindungen; dagegen bilden Xanthokon und Pyrostilpnit eine Ausnahme von dieser Regel, was aber auch auf einer Ungenauigkeit der Messungen der kleinen Krystalle dieser ausserordentlich seltenen Mineralien beruhen kann.

Die in obiger Tabelle dargestellten Beziehungen können zufällige sein, aber die grosse Annäherung der Axenverhältnisse an jene des Chalcosin scheint zu erweisen, dass das Sulfid dieses Metalles einen herrschenden Einfluss auf die Krystallisation hat. Sternbergit $Ag_2S.Fe_4S_5$ mit $m : m =$ 60° 30′ und Enargit $3Cu_2S.As_2S_5$ mit $x : x''' =$ (320):(3$\bar{2}$0) (Zwillingsfläche) = 60° 17′ könnten der Tabelle noch angefügt werden.

1) Diese Zeitschr. 22, 433.
2) Diese Zeitschr. 28, 299.

V. Beiträge zur Kenntniss der Krystallform optisch activer Substanzen.

Ueber Santonin und einige seiner Derivate.

Von

L. Brugnatelli in Pavia.

(Mit 12 Textfiguren.)

Die im Folgenden krystallographisch beschriebenen Santoninderivate wurden von Herrn Dr. A. Andreocci im chemischen Laboratorium der Universität Rom dargestellt. Was die chemischen Eigenthümlichkeiten dieser Verbindungen anbetrifft, so beschränke ich mich darauf, auf die Abhandlung, welche Herr Andreocci darüber neulich veröffentlicht hat, hinzuweisen[1]). In krystallographischer Hinsicht sind dieselben interessant, nicht nur weil sie einer Reihe von Verbindungen angehören, welche schon zu mehreren wichtigen Untersuchungen[2]) Gelegenheit gegeben haben, sondern besonders dadurch, dass einige von ihnen, obwohl in Lösung optisch activ, doch in Krystallen auftreten, welche beständig holoëdrische Ausbildung zeigen; es handelt sich nämlich um monokline und trikline Krystalle, welche keine Andeutung von Hemimorphie resp. Hemiëdrie wahrnehmen lassen. Durch rein geometrische Untersuchung würde man also hier zu Ausnahmen des Pasteur'schen Gesetzes[3]), nach welchem solche Substanzen nur in denjenigen Klassen von Krystallen, bei welchen keine Deckoperationen zweiter Art möglich sind, krystallisiren können, geführt werden.

---

1) A. Andreocci, Sui quattro acidi santonosi ecc. Atti della R. Acc. dei Lincei in Roma, 1895, Serie 5a, Vol. II.

2) Man sehe besonders: G. Strüver, Ueber die Krystallform einiger Santoninderivate, diese Zeitschr. 1878, **2**, 588, und L. Bucca, Studio cristallografica sopra alcuni derivati della Santonina. Rivista di Min. e Crist. 1892, **11**, 8. Ref. in dieser Zeitschr. **24**, 313.

3) Pasteur, mehrere Abhandlungen in Compt. rend. de l'Académie des Sciences und in Ann. de Chimie et Physique zwischen den Jahren 1848—59 und auch: Leçons sur la dissymétrie moléculaire. Paris 1860.

Solche Ausnahmen findet man in der Litteratur nicht gar selten, und Becke, welcher in einer sehr interessanten Abhandlung [1]) den Erfahrungssatz von Pasteur aus der Hypothese von Le Bel und van 't Hoff [2]) theoretisch herleitete, hat ein Verzeichniss von zahlreichen solchen Ausnahmen gegeben, wobei er aber die Vermuthung ausdrückte, dass es sich, wenigstens in der Mehrzahl solcher Fälle, nur um scheinbare Ausnahmen handle. Die Richtigkeit seiner Vermuthung bewies er eben für den Traubenzucker, und das Gleiche wurde seitdem besonders von Traube [3]) bei einer Reihe von Substanzen, welche früher als Ausnahmen galten, bewiesen. Auch die oben erwähnten, von mir beobachteten Santoninderivate haben sich, wie in Folgendem gezeigt werden wird, durch ihr Verhalten bei pyroëlektrischen und Auflösungsversuchen als scheinbare Ausnahmen erwiesen, und es dürfte kaum zu bezweifeln sein, dass, wenn man diese letzten Versuchsmethoden auch auf die Krystalle derjenigen Substanzen, die jetzt noch Ausnahmen bilden, anwendete, die Richtigkeit des Pasteur'schen Gesetzes sich als ausnahmslos ergeben würde [4]).

Der Beschreibung der Santoninderivate lasse ich einige Beobachtungen an Santonin selbst, welche ich schon längst gemacht habe, welche aber erst hier ihren richtigen Platz finden, vorausgehen.

1. Santonin.

Das rhombisch krystallisirende Santonin gehört zu denjenigen Substanzen, bei welchen man bis jetzt nicht sagen kann, ob sie dem Pasteur'schen Gesetze folgen oder nicht, weil seine Krystalle ausschliesslich von pinakoidalen und prismatischen Formen begrenzt werden. Goniometrische Untersuchungen über Santonin liegen schon seit lange vor, besonders von v. Lang [5]), Des Cloizeaux [6]) und Zepharovich [7]), und ihre

---

1) Becke, Die Krystallform des Traubenzuckers und optisch activer Substanzen im Allgemeinen. Min. u. petr. Mitth. 1889, **10**, 464. Krystallform opt. act. Substanzen. Ibid. 1891, **12**, 256. S. d. Ref. in d. Zeitschr. **20**, 296 und **22**, 165.

2) Le Bel, Bulletin de la Soc. chim. de Paris 1874, **22**, 337. van 't Hoff, La chimie dans l'espace 1874 und Dix années dans l'histoire d'une théorie 1887.

3) Traube, Ueber die Krystallform optisch einaxiger Substanzen, deren Lösungen ein optisches Drehungsvermögen besitzen. (Zwei Abhandlungen.) N. Jahrb. f. Min. etc. 1893, **8**. Beil.-Bd., 269 u. 510. Ref. diese Zeitschr. **24**, 178 f.

4) Liebisch hat neuerdings die Polarität der Symmetrieaxe an Carvoximkrystallen bewiesen. S. Grundriss der phys. Krystallographie 170. Leipzig 1896.

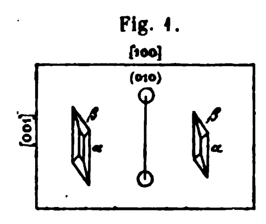
5) v. Lang, Untersuchungen über die physikalischen Verhältnisse krystallisirter Körper. Sitz.-Ber. Wiener Akad. 1858, **31**, 128—129.

6) Des Cloizeaux, Nouvelles Recherches etc. Mémoires de l'Ac. des Sciences de l'Institut imp. de France 1868, **18**, 597.

7) Zepharovich, Krystallographische Mittheilungen aus dem chem. Laboratorium zu Graz und Prag. Sitz.-Ber. Wiener Akad. 1865, **52**, 248.

Resultate sind so allgemein bekannt, dass ich darauf verzichte, dieselben hier wiederzugeben. Bei Krystallen von der Ausbildung derjenigen des Santonins kann die Krystallform zu keinem Schluss über die wahren Symmetrieverhältnisse der Krystalle führen; am besten eignen sich in solchen Fällen die Auflösungserscheinungen. An Santoninkrystallen, welche sich aus alkoholischer Lösung gebildet hatten, und deren Mutterlauge zur Trockne eingedunstet war, beobachtete ich schöne Aetzfiguren, welche ich nachher auch mittelst Aether und Essigäther hervorrufen konnte.

Fig. 1.



Die Krystalle waren tafelförmig nach {010} (Des Cloizeaux) ausgebildet, und die Aetzfiguren zeigten sich eben auf den Flächen dieser Form. Die nebenstehende Fig. 1 giebt besser als jede Beschreibung eine Vorstellung von denselben. Nur sei erwähnt, dass die Kante β mit α einen spitzen Winkel macht, welcher unter dem Mikroskope, sowie auf photographischen Aufnahmen gemessen, Werthe gegeben hat, welche zwischen 28° 30′ und 31° schwanken, also im Mittel ungefähr 30°. Aus diesem letzten Werthe lässt sich für β kein einfaches Symbol berechnen. Das einfachste wäre: $[\bar{3}0\bar{8}]$, welches einen Winkel von 29° 44′ (der Berechnung liegt das aus den Winkelwerthen von Des Cloizeaux berechnete Axenverhältniss $a:b:c = 0{,}6152:1:0{,}4040$ zu Grunde) erfordert, und $[\overline{11}.0.\overline{29}]$, dessen theoretischer Winkelwerth 30° 1′ ist. Für $[\bar{2}0\bar{5}]$ wäre die Differenz zwischen berechneten und beobachteten Werthen grösser, da für dieses Symbol 31° 21′ berechnet wird.

Es ist nun klar, dass diese Aetzfiguren die Angehörigkeit der Krystalle des Santonins zur holoëdrischen oder hemimorphen Klasse des rhombischen Systems absolut ausschliessen; sie könnten aber für die holoëdrische und hemimorphe Klasse des monoklinen Systems sprechen. Diese Annahme wird aber auch gleich ausgeschlossen durch die Beobachtung auf beiden parallelen Flächen von {010}, da die Orientirung der Aetzfiguren auf diesen Flächen durch keine Spiegelung, sondern erst durch Drehung um die Axen [a] oder [c] zur Deckung gebracht werden können. Die Krystalle von Santonin müssen also in die hemiëdrische Klasse des rhombischen Krystallsystems eingereiht werden, was mit dem Pasteur'schen Gesetz in Einklang ist, da bekanntlich Santonin in Lösung starkes Drehungsvermögen besitzt.

Da für den Winkel $2E_a$ der optischen Axen des Santonins V. v. Lang und Des Cloizeaux sehr abweichende Werthe geben, so habe ich die Gelegenheit, dass ich viele Krystalle dieser Substanz zu meiner Verfügung hatte, benutzt, um den Werth dieses Winkels wieder zu bestimmen. Meine Krystalle waren dazu sehr geeignet, weil sie nach {010}, also normal zur ersten Mittellinie, tafelförmig waren. Die Messungen habe ich für die Spectrallinien B, C, D, Tl_α, E, F und bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt. Die von v. Lang und Des Cloizeaux angeführten Werthe sind:

	Roth:	Gelb:	Grün:	Blau:
v. Lang	34°50′	45°30′	61°30′	—
Des Cloizeaux	38 30	42 13	47 46	50°37′ bei $t_C = 17°$.

Des Cloizeaux hat weiter bei verschiedenen Temperaturen und für rothes Licht folgende Werthe bestimmt:

t_C	$2E_a$
21,5°	38°43′
36,5	39 12
47	39 16
71,5	39 28
81	39 44
86	40 26

Folgende Tabelle giebt meine Resultate:

t_C =	3°	15°	25°	45°	70°
B	34°27′	35°17′	36° 5′	36°28′	37°34′
C	35 25	36 6	36 54	37 20	38 18
D	41 17	41 34	41 54	42 13	43 33
Tl_a	47 5	47 24	47 49	47 58	—
E	48 14	48 52	49 10	49 21	50 58
F	54 8	54 32	—	54 58	55 20

Wie man sieht, stimmen die Werthe am besten mit denjenigen von Des Cloizeaux überein, mit Ausnahme jedoch der für rothes Licht, für welches meine Werthe sich mehr denjenigen von v. Lang nähern (natürlich, wenn man zum Vergleiche, da v. Lang keine Temperatur angiebt, die Messungen bei 15° als mittlere Temperatur annimmt).

2. Aethylisodesmotroposantonin,

$$C_{12}H_{13}\begin{matrix}<OC_2H_5 \\ <CH(CH_3)CO. \end{matrix}$$
$$|\text{——}O\text{——}|$$

Für diese Verbindung giebt Andreocci (l. c. S. 28) an: Schmelzpunkt = 82°, specifisches Drehungsvermögen in Alkohol + 129,3 — + 129,6, molekulares + 355 bei $t_C = 27°$ (*Na*). Die Krystalle wurden aus Essigäther und Alkohol erhalten.

Krystallsystem: Monoklin (hemimorphe Klasse).

$$a : b : c = 0,2718 : 1 : 0,2556; \ \beta = 80° 20'.$$

Beobachtete Formen: $c = \{001\}$, $b = \{010\}$, $m = \{110\}$, $o = \{111\}$, $b' = \{0\bar{1}0\}$, $\mu = \{1\bar{1}0\}$, $\omega = \{1\bar{1}1\}$.

		Beobachtet:	Berechnet:	n
(010):(110)	=	*75° 0′	—	9
(110):(001)		*80 40	—	7
(110):(111)		*40 59	—	4
(010):(111)		80 30	80° 21½′	5
(001):(111)		39 44	39 41	4
(001):(100) (Spaltb.)		80 11	80 20	1

Die untersuchten Krystalle waren immer dünntafelförmig nach {010} und nach der Axe [c] gestreckt ausgebildet (Fig. 2). Der hemimorphe Charakter tritt hervor durch das fast beständige Auftreten von {111} mit den einzigen Flächen (111) und ($\bar{1}1\bar{1}$). Es wurden aber auch Krystalle mit vollständig holoëdrischer Ausbildung beobachtet. Pyroëlektrische Versuche haben gezeigt, dass die Symmetrieaxe polar ist mit dem analogen Pol rechts. Die Zeichen (+) und (—) in der Figur beziehen sich auf sinkende Temperatur.

Fig. 2.

Die Krystalle besitzen eine vollkommene Spaltbarkeit nach {100}. Die Ebene der optischen Axen ist parallel {010}. Die erste Mittellinie liegt im stumpfen Winkel β und macht mit [001] einen Winkel von ungefähr 52° (*Na*). Dispersion der optischen Axen äusserst stark, $\beta < v$. Der Winkel der optischen Axen konnte wegen der Unmöglichkeit, gute Präparate darzustellen, nicht bestimmt werden, er ist aber sehr klein, es scheint sogar für eine Farbe am rothen Ende des Spectrums eine Vereinigung der Axen stattzufinden. Doppelbrechung sehr energisch und negativ.

3. Rechts- und Links-Santonigsäureäthyläther,

$$C_{12}H_{14}<{OH \atop CH(CH_3)COO.C_2H_5}.$$

Den Schmelzpunkt dieser beiden Isomeren giebt Herr Andreocci (l. c. S. 32—50) zu 116°—117° an, und für das Drehungsvermögen in Alkohol giebt er folgende Werthe $t = 27°$ (*Na*):

	Rechtsdr.:	Linksdr.:
Specifisches	+ 71	— 70,4
Molekulares	+ 196	— 195

Krystallsystem: Monoklin (hemimorphe Klasse).

$$a : b : c = 0,5628 : 1 : 6959; \ \beta = 71° 28'.$$

Beobachtete Formen: $a = \{100\}$, $c = \{001\}$, $r = \{\bar{1}01\}$, $m = \{110\}$, $p = \{120\}$, $d = \{011\}$, $n = \{\bar{1}21\}$, $b = \{010\}$, $\mu = \{1\bar{1}0\}$, $\pi = \{1\bar{2}0\}$, $\delta = \{0\bar{1}1\}$, $\nu = \{\bar{1}\bar{2}1\}$, $b' = \{0\bar{1}0\}$.

	Gemessen:	Berechnet:	n
(100):(001) =	*71°28′	—	7
(001):(011)	*33 25	—	12
$(110):(\bar{1}10)$	*123 50	—	9
$(001):(\bar{1}01)$	62 44	62°38′	4
$(100):(\bar{1}01)$	45 46	45 54	5
(010):(120)	42 40	42 23	7
(110):(120)	18 43	19 32	9
(110):(001)	73 42	73 43	8
(001):(120)	77 23	77 30	3
$(\bar{1}10):(\bar{1}01)$	52 0	52 8	10
$(011):(\bar{1}01)$	67 36	67 26	4
(011):(110)	60 24	60 26	2
$(010):(\bar{1}21)$	44 38	45 1	2
$(\bar{1}01):(\bar{1}21)$	45 21	44 59	2
$(\bar{1}10):(\bar{1}21)$	39 56	39 55	1
$(011):(\bar{1}21)$	48 42	48 39	1

Beide Isomere krystallisiren sehr leicht aus jedem der gewöhnlichen Lösungsmittel (Essigäther, Alkohol u. s. w.), stets aber mit scheinbar holoëdrischer Symmetrie (Fig. 3). Weder die Vertheilung noch die Beschaffenheit der Flächen können Anhaltspunkte geben, um über den hemimorphen Charakter der Krystalle zu urtheilen. Dieser tritt erst hervor durch das pyroëlektrische Verhalten und durch die Aetzfiguren. Die Fig. 4a und 4b (Projection auf eine horizontale Ebene) zeigen diese Erscheinungen, wie sie an rechts- und linksdrehenden Krystallen auftreten. Es ist

Fig. 3.

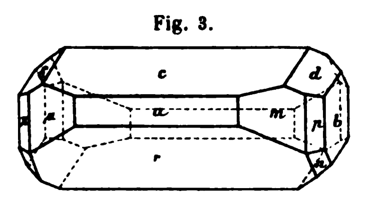


Fig 4a. Fig. 4b.

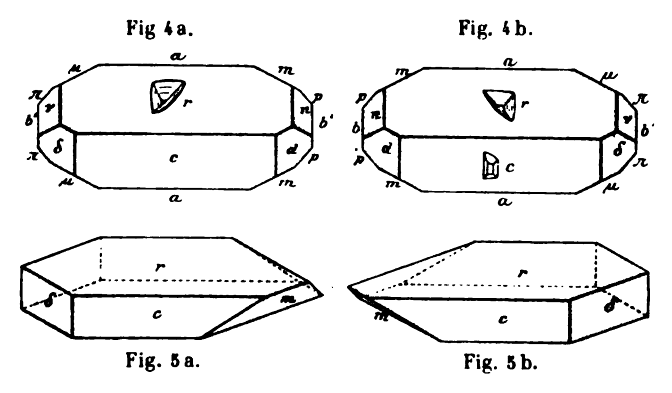


Fig. 5a. Fig. 5b.

nämlich bei den Krystallen des rechtsdrehenden Aethers der analoge Pol rechts (Fig. 4a), während das Umgekehrte (Fig. 4b) für die linksdrehende

Modification gilt. Auch die Aetzfiguren, welche man leicht auf den {$\bar{1}$01 Flächen durch sanften Druck auf mit Aether befeuchtetem Filtrirpapier e hält, beweisen die Abwesenheit der Symmetrieebene. Auf {001} lass sich scharfe Aetzfiguren nur sehr schwierig erhalten, und ich konnte solc nur auf einem linksdrehenden Krystall beobachten. Ungeachtet der hol ëdrischen Ausbildung der Krystalle ist es also zweifellos, dass dieselb als hemimorph zu betrachten sind.

Ich war schon zu diesem Schlusse gelangt (s. Andreocci l. c. S. 5(als Herr Andreocci aus einer Mischung von Alkohol und *HCl* Krysta des rechtsdrehenden Isomeren erhielt, welche meinen Schluss bestätigte da sie hemimorphe Ausbildung zeigten. Ganz ähnliche Krystalle erhielt i dann aus einer Mischung von Alkohol und Essigsäure, sowohl des recht drehenden wie des linksdrehenden Aethers. Es scheint die Acidität d Mutterlauge starken Einfluss auf die Ausbildung der Krystalle auszuübe Die Krystalle der beiden Isomeren mit ihren pyroëlektrischen Verhältnisse welche mit den schon beschriebenen vollkommen übereinstimmen, sind den Fig. 5a und 5b abgebildet[1]). 5a ist ein rechts- und 5b ein link drehender Krystall. An Krystallen des rechtsdrehenden Aethers tritt a analogen Pol {110} und am antilogen {0$\bar{1}$1}, an denjenigen des linksdrehe den am analogen Pol {1$\bar{1}$0} und am antilogen {011} auf. Die Krystalle si farblos und stark glasglänzend, immer nach der Symmetrieaxe gestreckt u manchmal nach {001}, manchmal nach {$\bar{1}$01} tafelförmig ausgebildet. Spa barkeit nach {001} vollkommen.

Die optische Axenebene ist normal zu {010}; die erste Mittellinie li im stumpfen Winkel β und ist gegen die Normale zur Spaltungsfläche we geneigt. Doppelbrechung stark und positiv.

4. Racemischer Santonigsäureäthyläther,

$$C_{12}H_{14}<^{OH}_{CH(CH_3)COO.C_2H_5}.$$

Dargestellt durch Vereinigung des rechten und linken Aethers. Schme punkt 125° (Andreocci l. c. S. 57—58).

Krystallsystem: Triklin (holoëdrische Klasse).

$$a:b:c = 1,6891:1:0,7930;$$
$$\alpha = 92^\circ 59', \ \beta = 112^\circ 3', \ \gamma = 85^\circ 25'.$$

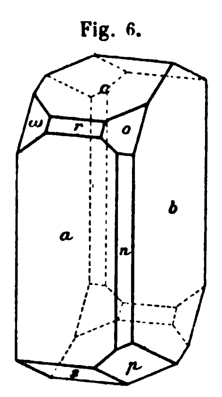
Die beobachteten Formen sind: $a = \{100\}$, $b = \{010\}$, $c = \{00$ $n = \{210\}$, $r = \{101\}$, $s = \{\bar{1}01\}$, $o = \{111\}$, $\omega = \{1\bar{1}1\}$, $p = \{\bar{1}\bar{1}1\}$.

---

1) Die Figuren 5a und 5b wurden, um die Entwickelungsverhältnisse der Fläch genau darstellen zu können, mit der Axe [a] statt [c] vertical gezeichnet.

	Beobachtet:	Berechnet:	n
(100):(001) =	*68° 6′	—	5
(010):(001)	*88 38	—	3
(0$\bar{1}$0):(100)	*86 16	—	7
(0$\bar{1}$0):($\bar{1}\bar{1}$1)	*53 45	—	4
($\bar{1}$00):($\bar{1}\bar{1}$1)	*87 33	—	5
(100):(210)	39 28	39° 30′	6
($\bar{1}$00):($\bar{1}$01)	83 40	84 1	5
(001):($\bar{1}$01)	28 5	27 53	6
(100):(101)	47 47	47 44	1
(001):(101)	20 26	20 22	1
(001):(210)	71 28	71 26	3
($\bar{1}$01):($\bar{2}\bar{1}$0)	87 14	87 16	6
(010):($\bar{1}$01)	86 40	86 39	7
(100):(1$\bar{1}$1)	52 20	52 19	3
(1$\bar{1}$1):($\bar{1}\bar{1}$1)	40 10	40 8	3
($\bar{2}\bar{1}$0):($\bar{1}\bar{1}$1)	66 11	65 41	1
($\bar{1}$01):($\bar{1}\bar{1}$1)	39 20	39 36	3
(001):($\bar{1}\bar{1}$1)	45 40	45 40	4
(001):(111)	34 38	34 42	2
(001):(1$\bar{1}$1)	37 21	37 26	1
(0$\bar{1}$0):(1$\bar{1}$1)	59 9	59 19	1
(101):(1$\bar{1}$1)	37 7	30 23	1
(101):(111)	30 27	30 31	1
(010):(111)	60 10	59 47	1
(100):(111)	56 48	56 46	1
(210):(111)	39 55	39 57	1

Fig. 6.



Aus Essigäther und aus Alkohol erhält man diesen Aether in kleinen, stark glänzenden Krystallen von prismatischem Habitus (Fig. 6) und manchmal tafelförmig nach {010}. Es wurde keine Spaltbarkeit beobachtet.

Auf (100) macht eine Auslöschungsrichtung mit [001] einen Winkel von ungefähr 12° von + [001] gegen —[010] und auf (010) einen Winkel von ungefähr 16° von +[001] gegen —[100]. Durch (010) tritt eine Mittellinie am Rande des Gesichtsfeldes aus.

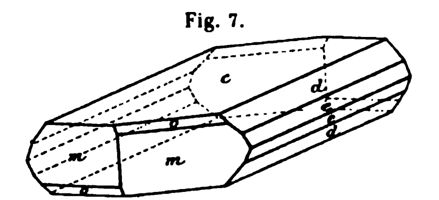
5. Rechts- und Links-Bromsantonigsäureäthyläther,

$$C_{12}H_{13}Br<^{OH}_{CH(CH_3)COO.C_2H_5}.$$

Krystalle aus Essigäther. Schmelzpunkt 86°.

		Rechts:	Links:	
Drehungsvermögen	spec.	68,2	68,5	bei 15° (*Na*) (Andreocci
	molek.	242	243	l. c. 38, 54).

Fig. 7.



Krystallsystem: Rhombisch (l miëdrische Klasse).

$a : b : c = 0,5317 : 1 : 1,0649$.

Beobachtete Formen: R.-Aeth $c = \{001\}$, $m = \{110\}$, $d = \{01$ $e = \{021\}$, $o = \{221\}$ (Fig. 7).

L.-Aether: $c = \{001\}$, $m = \{110\}$, $d = \{011\}$, $e = \{021\}$.

	Beobachtet:	Berechnet:	n
(001):(011)	=*46° 48′	—	9
(110):(1$\bar{1}$0)	*56 0	—	8
(011):(021)	17 57	18° 3′	4
(110):(011)	70 1	69 59	5
(110):(021)	64 58	64 51	3
(001):(221)	77 25	77 34	1
(110):(221)	12 37	12 26	1
(1$\bar{1}$0):(221)	56 38	56 54	1

Die Krystalle sind gewöhnlich tafelartig nach {001} und nach gestreckt ausgebildet; manchmal haben sie prismatischen Habitus. E deutliche Spaltbarkeit ist nicht vorhanden.

Die Ebene der opt. Axen ist parallel {100}, und die erste Mittelli parallel der Axe [001]. Dispersion der Axen $\varrho > v$.

$$2E_a \text{ (roth)} = 121^\circ 42'$$
$$\text{(gelb)} = 123\ 26$$
$$\text{(blau)} = 125\ 13$$

Doppelbrechung energisch und positiv, daher ist die opt. Formel b

6. Linksdrehende Desmotroposantonigsäure,

$$C_{12}H_{14}<^{OH}_{CH(CH_3)COOH}.$$

Schmelzpunkt 175°.

Drehungsvermögen in Alkohol	spec.	— 53,3	(Andreocci l. c. S. 6
$t = 18°$ (*Na*)	molek.	— 132	

Krystallsystem: Monoklin (hemimorphe Klasse).

$a : b : c = 2,7497 : 1 : 2,0535$; $\beta = 80^\circ 2'$.

Beobachtete Formen: $a = \{100\}$, $c = \{001\}$, $r = \{\bar{2}01\}$, $m = \{110\}$, $o = \{\bar{1}11\}$, $\mu = \{1\bar{1}0\}$, $\omega = \{\bar{1}\bar{1}1\}$ (Fig. 8).

	Beobachtet:	Berechnet:	n
(100):(001)	=*80° 2′	—	7
(100):(20$\bar{1}$)	*36 43	—	5
(110):($\bar{1}$10)	*40 32	—	5
(001):($\bar{2}$01)	63 20	63° 15′	—
(001):($\bar{1}$11)	68 7	67 58	—
(001):(110)	86 28	86 34	—
($\bar{1}$00):($\bar{1}$11)	75 46	75 42	—
(110):($\bar{1}$11)	43 7	42 59	—
($\bar{1}$10):($\bar{1}$11)	25 31	25 28	—
(110):(20$\bar{1}$)	73 52	73 53	—
($\bar{1}$11):($\bar{2}$01)	63 3	63 9	—

Es wurden Krystalle aus Essigäther, Alkohol, Essigsäure und aus Mischungen dieser Lösungsmittel erhalten. Immer sind die Krystalle zu strahligen Gruppen vereinigt und mit einander verwachsen, so dass sie gewöhnlich nur an einem Ende der Symmetrieaxe ausgebildet sind. Es wurden aber auch viele beiderseits entwickelte Krystalle beobachtet. Im letzteren Falle

Fig. 8.

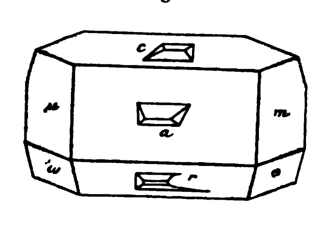


Fig. 9.

lassen die Krystalle kein Zeichen von Hemimorphismus wahrnehmen. Wie die Fig. 8 zeigt, ist die Ausbildung eine holoëdrische. Die Polarität der Symmetrieaxe wird aber durch Pyroëlektricität und Aetzfiguren sehr leicht bewiesen. Die Fig. 9 (Projection auf eine verticale Ebene) zeigt die Verhältnisse dieser Erscheinungen. Daraus folgt, dass der linke Pol der Symmetrieaxe der analoge ist. Die Aetzfiguren wurden mit Aether hervorgerufen. Es ist erwähnenswerth, dass alle aufgewachsenen Krystalle stets das negative Ende der Symmetrieaxe frei zeigten. Es ist nun bekannt, dass man in ähnlichen Fällen, z. B. am Epidot, sowohl mit dem positiven als mit dem negativen Ende der Symmetrieaxe aufgewachsene Krystalle findet. Kann also dies auch als ein Beweis der Polarität der Symmetrieaxe betrachtet werden?

Die Krystalle sind immer nach der b-Axe verlängert und oft tafel förmig nach $\{100\}$. Spaltbarkeit vollkommen nach $\{\bar{2}01\}$.

Optische Axenebene parallel $\{010\}$. An den Spaltungslamellen beob achtet man mit dem Mikroskop das Auftreten einer Mittellinie, welche Ax der grössten Elasticität ist.

7. Linksdrehende Aethyldesmotroposantonigsäure,

$$C_{12}H_{14}\begin{matrix}\nearrow O.C_2H_5 \\ \searrow CH(CH_3)COOH.\end{matrix}$$

Schmelzpunkt 127°.

Drehungsvermögen in Alkohol $t = 28°(Na)\begin{cases}\text{spec.} = -47,2 \\ \text{molek.} = -130\end{cases}$ (Andreocci l. c. S. 66).

Krystallsystem: Triklin (hemiëdrische Klasse).

$$a : b : c = 1,1269 : 1 : 0,6013;$$

$$\alpha = 69°40', \ \beta = 130°47', \ \gamma = 119°52'.$$

Beobachtete Formen: $a = \{100\}$, $b = \{010\}$, $c = \{001\}$, $n = \{1\bar{1}0\}$ $d = \{0\bar{1}1\}$, $r = \{\bar{1}01\}$, $o = \{\bar{1}11\}$; $a' = \{\bar{1}00\}$, $b' = \{0\bar{1}0\}$, $c' = \{00\bar{1}\}$ $\nu = \{\bar{1}10\}$, $\delta = \{01\bar{1}\}$, $\varrho = \{10\bar{1}\}$, $\omega = \{1\bar{1}\bar{1}\}$.

	Beobachtet:	Berechnet:	n
(100):(001) =	*53° 48′	—	3
(100):(0$\bar{1}$0)	*112 26	—	6
(001):(0$\bar{1}$0)	*88 4	—	3
(010):($\bar{1}$11)	*70 31	—	4
(100):($\bar{1}$11)	*74 44	—	4
(100):(1$\bar{1}$0)	52 38	52° 11′	6
(0$\bar{1}$0):(1$\bar{1}$0)	59 48	60 15	6
(001):($\bar{1}$01)	35 21	35 14	1
($\bar{1}$00):($\bar{1}$01)	90 50	90 58	1
($\bar{1}$01):($\bar{1}$11)	38 15	37 48	2
(0$\bar{1}$0):($\bar{1}$01)	71 12	71 40	2
(0$\bar{1}$0):(0$\bar{1}$1)	60 30	60 47	3
(001):(0$\bar{1}$1)	27 34	27 17	3
(1$\bar{1}$0):(0$\bar{1}$1)	42 7	42 31	2
(0$\bar{1}$1):($\bar{1}$01)	30 54	30 57	2
($\bar{1}$10):($\bar{1}$01)	107 1	106 33	2
(001):(1$\bar{1}$0)	54 5	54 18	2
(001):($\bar{1}$11)	38 11	37 52	1
($\bar{1}$10):($\bar{1}$11)	87 40	87 50	3
(0$\bar{1}$1):($\bar{1}$11)	58 4	57 33	1

Die Krystalle wurden sowohl aus Essigäther, Alkohol und Mischunge dieser Lösungsmittel mit Essigsäure dargestellt. Sie sind immer kleir

säulenförmig nach [c] ausgebildet, oft mit einander zu unregelmässigen Gruppen verwachsen. Sie zeigen die zwei in den Fig. 10 und 11 abgebildeten Typen. Manchmal zeigt ein Ende des Krystalles den Typus Fig. 10, und das andere Ende den Typus Fig. 11. Immer treten sämmtliche beobachtete Formen an demselben Krystall auf, so dass dadurch eine vollkommen holoëdrische Ausbildung entsteht. Dass diese nur scheinbar ist, wird durch die Aetzfiguren auf den parallelen Flächen {010} und $\{0\bar{1}0\}$ klar gemacht.

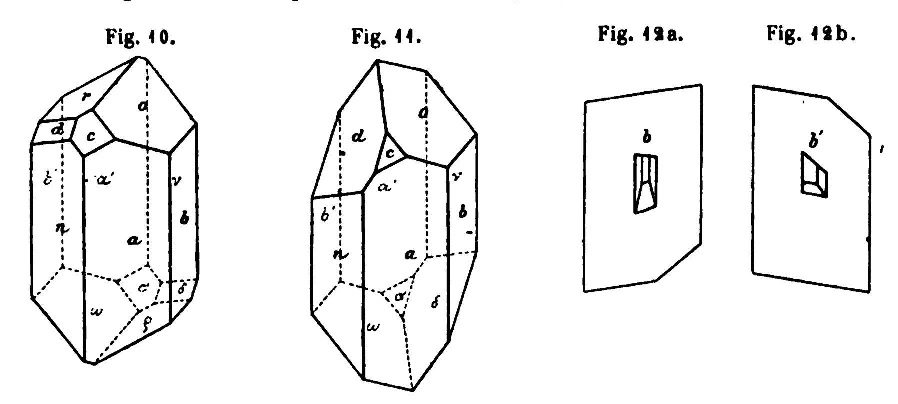


Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12a. Fig. 12b.

Diese Aetzfiguren wurden an zwei nach {010} tafelförmig ausgebildeten Krystallen und mittelst Aether erhalten. Um beide Flächen gleichzeitig und möglichst unter gleichen Bedingungen zu ätzen, wurden die Krystalle zwischen zwei Stückchen Filtrirpapier gelegt, und dann diese mit Aether befeuchtet. Die so erhaltenen Aetzfiguren sind sehr scharf und beweisen (Fig. 12a und 12b) die Nichtzusammengehörigkeit der parallelen, geätzten Flächen. Uebrigens beobachtet man oft auf $\{0\bar{1}0\}$ eine sehr feine, regelmässige Streifung parallel der Kante $[0\bar{1}0 : 0\bar{1}1]$, während eine solche Streifung nie auf {010} beobachtet wurde.

Die Krystalle sind vollkommen nach {001} spaltbar. Durch die Spaltungslamellen tritt eine optische Axe aus.

8. Phosphorescenzerscheinungen der Krystalle einiger der oben beschriebenen Substanzen.

Zum Schlusse sei erwähnt, dass die unter Nr. 2, 3, 6 und 7 beschriebenen Substanzen beim Zerbrechen ihrer Krystalle schöne Phosphorescenzerscheinungen darbieten, und zwar Aethylisodesmotroposantonin mit entschieden gelbem, die Isomeren Rechts- und Links-Santonigsäureäthyläther und Desmotroposantonigsäure mit gelbgrünem und Aethyldesmotroposantonigsäure mit schönem, smaragdgrünem Lichte. Was die Erklärung dieser Erscheinung betrifft, so liegt die Idee nahe, einen Zusammenhang mit dem Drehungsvermögen zu suchen, besonders weil die racemische

art des Santonigsäureäthyläthers im Gegensatz zu den activen Abar keine Phosphorescenz zeigt; diese Annahme findet aber sogleich e Widerlegung in der Thatsache, dass Links- und Rechts-Bromsubstitute Santonigsäureäthyläthers die Erscheinung keineswegs beobachten lass Vielmehr scheint ein Zusammenhang zwischen Phosphorescenz und Sp barkeit zu existiren, da alle angeführten Verbindungen vollkommen sp bar sind. Uebrigens ist es seit lange bekannt, dass auch vollkommen sp bare Mineralien, wie Kalkspath und Glimmer, die Erscheinung zeig neulich wurde sie auch an Orthobenzoësäuresulfimidkrystallen (Sacchari welche sehr vollkommene Spaltbarkeit besitzen, in ausgezeichneter We beobachtet[1]). Leider sind meine Krystalle zu klein, und die Menge des 1 zur Verfügung stehenden Materials zu gering, um eine eingehende Unt suchung über die interessante Erscheinung auszuführen. Nur an Lin und Rechts-Santonigsäureäthyläther konnte ich mit Sicherheit feststell dass die Phosphorescenz besonders lebhaft erscheint, wenn die Kryst normal zur Symmetrieaxe zerbrochen werden. Da diese Axe, wie ich zeigt habe, polar ist, so liegt der Gedanke nahe, die Erscheinung st in Zusammenhang mit der Polarität der Axe und besonders mit dem e gegengesetzten elektrischen Zeichen, welches die beiden Trennungsfläc haben müssen. Einen Beweis dafür beizubringen, ist mir aber ni möglich.

Die Beobachtung dieser Erscheinung hat mich dazu geführt, die K stalle anderer Substanzen zu prüfen und zu dem Resultate zu gelang dass die Erscheinung nicht selten ist, besonders an Krystallen, welche vo kommene Spaltbarkeit besitzen. Es giebt aber Krystalle (z. B. Phenaceti welche vollkommen spaltbar sind und doch keine Phosphorescenz be achten lassen, während im Gegentheil an einigen Krystallen, welche kei Spaltbarkeit zeigen (z. B. Dichlormethyl-*p*-tolylsulfon) die Erscheinung se deutlich hervortritt.

Spektroskopische Versuche haben, vielleicht wegen der Schwäche u kurzen Dauer der Lichtstrahlung, zu keinem bemerkenswerthen Result geführt.

Ich beabsichtige, die interessante Erscheinung weiter zu verfolge und bin eben mit dem Sammeln des nöthigen Materiales beschäftigt. wäre aber zu wünschen, dass alle Krystallographen dieser noch wenig b kannten Lichterscheinung der Krystalle, für welche vielleicht der Name Pho phorescenz nicht sehr geeignet ist[2]), ihre Aufmerksamkeit widmen würde

1) W. J. Pope, Ein bemerkenswerther Fall von Phosphorescenz. Diese Zeitsc 1896, **25**, 567.

2) Während der Correctur erfahre ich, dass E. Wiedemann für diese Erscheinu den sehr glücklich gewählten Namen »Triboluminescenz« vorgeschlagen hat (s. S. 92 Ann

———

VI. Kürzere Originalmittheilungen und Notizen.

---

1. V. v. Lang (in Wien): **Notiz zur trigonalen Symmetrie.**

1. Herr Viola sagt zum Schlusse seines Aufsatzes über geometrische Ableitung in der Krystallographie, diese Zeitschr. **26,** 113: »Da es immer möglich ist, drei rationale Zahlen so zu wählen, dass sie zur dritten Potenz erhoben sich so verhalten, wie drei gegebene rationale Zahlen etc.«

Dieser Satz ist nicht richtig, wie man schon daraus ersieht, dass in diesem Falle $\sqrt[3]{2}$ eine rationale Zahl sein müsste. Allerdings wird in der Schlussgleichung Viola's:

$$s_1^3 : s_2^3 : s_3^3 = \frac{h_2^3}{h_1 h_3^2} : \frac{h_3^3}{h_2 h_1^2} : \frac{h_1^3}{h_3 h_2^2},$$

$s_1 : s_2 : s_3$ rational, aber nur, weil den zwei vorhergehenden Doppelgleichungen zufolge $h_1 = h_2 = h_3$ sein muss.

2. Ueberhaupt scheint mir das Problem, um welches es sich hier handelt, kaum eines Beweises zu bedürfen. Sind für ein Axensystem Längen und Winkel alle gleich, dann genügen die drei Flächen $P(hkl)$, $P'(h'k'l')$, $P''(h''k''l'')$ offenbar einer dreizähligen Symmetrie. Sie liegen ähnlich nicht nur gegen die Axenebenen, sondern auch gegen je drei andere solcher Flächen. Da nun für $h = k = l = 1$ die drei Flächen P, P', P'' zusammenfallen, so muss auch die Fläche $S(111)$ gleichgeneigt zu den drei Axenebenen, daher auch gleichgeneigt zu den Axenrichtungen sein.

3. Hiermit ist allerdings noch nicht bewiesen, dass die Fläche S auch senkrecht zu einer Krystallzone ist. Da nun aber auch die mit P, P', P'' entgegengesetzt liegenden Flächen $Q(khl)$, $Q'(lhk)$, $Q''(hlk)$ möglich sind, so ist der Krystall syngonisch nach den drei Ebenen, welche die Axenwinkel halbiren, und daher auch nach der Ebene S, welche senkrecht auf diesen drei Halbirungsebenen steht, womit der Satz vollständig bewiesen ist.

4. Will man etwas weiter ausholen, so könnte man zuerst ein beliebiges Axensystem betrachten, was nicht ganz ohne Interesse ist. Sollen die Fläc P, P', P'' auf den Axen gleiche, nur cyclisch vertauschte Abschnitte bild müssen, unter a, b, c die Axenlängen verstanden, die Gleichungen

$$\frac{a}{h} = \frac{b}{k'} = \frac{c}{l''},$$

$$\frac{b}{k} = \frac{c}{l'} = \frac{a}{h''},$$

$$\frac{c}{l} = \frac{a}{h'} = \frac{b}{k''}$$

bestehen, welche lehren, dass unsere Annahme nur möglich ist, wenn die Axenlängen sich wie rationale Zahlen verhalten. Nun hat man für eine beliebige Fläche $S(efg)$ nach der Grundgleichung der rechnenden Krystallographie

$$\frac{a}{e} \cos SX = \frac{b}{f} \cos SY = \frac{c}{g} \cos SZ$$

und, wenn man noch die Winkel SX, SY, SZ der Fläche S mit den drei Axen gleich setzt,

$$\frac{a}{e} = \frac{b}{f} = \frac{c}{g}.$$

Ist also die frühere Annahme möglich, so ist auch die Fläche, welche gleiche Neigung zu den drei Axen hat, eine mögliche Krystallfläche.

5. Aus dem Vorhergehenden sieht man, was übrigens von vornherein klar, dass, wenn die Axenlängen gleich sind, immer zu jeder Fläche zwei andere Flächen möglich sind mit denselben, nur cyclisch vertauschten Abschnitten auf den Axen; es ist aber auch immer eine Fläche S möglich, welche mit den Axen gleiche Winkel bildet.

6. Nur wenn auch die Axenwinkel gleich werden, ist trigonale Symmetrie vorhanden, und die Fläche S steht dann senkrecht auf einer möglichen Zone.

2. W. Arnold (in Ansbach-Erlangen): **Ueber Luminescenz.** — Mit einer grösseren Untersuchung über Luminescenz-Erscheinungen[1]) verschiedener organischer und anorganischer Körper beschäftigt, habe ich auch auf Triboluminescenz-Erscheinungen Rücksicht genommen. Im Anschlusse an die interessante Mittheilung von W. J. Pope-London[2]) erlaube ich mir, die Versuchsergebnisse an einer Reihe von Substanzen, die die Benzylgruppe enthalten, im krystallisirten Zustande mitzutheilen.

Zur Beobachtung der Triboluminescenz wurden die Körper in einem Achatmörser zerrieben. Eine Veränderung der Krystallformen nach dem Aufleuchten war nicht zu constatiren.

Es ergaben sich folgende Resultate:

---

1) Unter »Luminescenz«-Erscheinungen versteht man nach E. Wiedemann eine Lichtemission ohne entsprechende Temperatursteigerung; bei der Anregung a) durch Licht heisst sie Photoluminescenz, specielle Fälle sind Fluorescenz und Phosphorescenz; 2) durch elektrische Entladungen: Elektroluminescenz; 3) durch Kathodenstrahlen: Kathodoluminescenz; 4) durch Zerbrechen und Reiben: Triboluminescenz; 5) durch Erwärmen: Thermoluminescenz, die sich häufiger nach vorheriger Erregung zeigt; 6) durch chemische Processe: Chemiluminescenz. In vielen Fällen, so gerade bei der bei Mineralien so häufig beobachteten Thermoluminescenz, dürften es chemische Processe sein, die das Leuchten hervorrufen, in manchen anderen die erregenden Vorgänge innerhalb eines Moleküles Verschiebungen bewirken.

2) W. J. Pope, diese Zeitschr. 1896, **25**, 567.

Substanzen:	Kathodoluminescenz [1]):	Thermoluminescenz:	Triboluminescenz:
Saligenin	schwach grün	fehlt	fehlt
Benzophenon	gelblich	-	-
Benzoësäure	weissgrün	-	-
Salicylsäure	weisslichblau	-	-
Gallussäure	schwach bläulich	-	-
Tannin	fehlt	-	-
Hippursäure	grün	-	sehr stark
Saccharin (Orthobenzoësäuresulfimid)	fehlt	-	stark
Vanillin (Methylprotocatechualdehyd)	-	-	fehlt

Von den sämmtlichen, nahe verwandten Körpern zeigte also ausser dem Saccharin nur noch die Hippursäure eine Triboluminescenz.

Bei Einwirkung von Röntgen's X-Strahlen zeigte keiner der Körper eine Fluorescenz, dieselben waren jedoch sämmtlich für die X-Strahlen völlig durchlässig.

---

1) Die Anordnungen sind beschrieben von E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Wiedem. Ann. 1895, 56, 203.

VII. Auszüge.

1. J. Szabó († in Budapest): **Ein aussergewöhnlich schönes Chabasitnest** (Földtani Közlöny 1893, **28**, 289 ung., 328 deutsch. Sitzungsber.).

Im Laufe des Jahres 1893 stiess man am Berge Csódi bei Bogdán am tiefsten Punkte des Steinbruches im Andesit auf eine Höhlung, welcher einige Liter Wasser entflossen. Die Wandung dieser Höhlung bedeckten 2—5 cm grosse, linsenförmig abgerundete Rhomboëder eines undurchsichtigen, schmutzigrothen Chabasit.

Ref.: A. Schmidt.

2. A. Abt (in Klausenburg): **Magnetisches Verhalten des Moravieszaer Magnetit und des Stahles bei starken magnetisirenden Kräften und deren magnetische Momente in absolutem Maasse** (Értesitö az erd. Muzeum egyl. orv.-term-term. tud. szakosztályából. 1893, **18**, 133–140 ung., 173–180 deutsch).

Von den interessanten physikalischen Experimenten des Verfs. mag hierorts erwähnt werden, dass der Magnetit bis zu einer gewissen Stablänge den grössten specifischen Magnetismus hat unter den bekannten magnetischen Körpern.

Ref.: A. Schmidt.

3. A. Kalecsinszky (in Budapest): **Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium der kgl. ung. geologischen Anstalt** (A magy. kir. földt. int. évi jelentése 1893-ról. Budapest 1894, 153—158).

Enthält die folgenden chemischen Analysen: Marmor von Gyergyó (CaO 55,36 %, CO_2 43,59 %), Kalkstein von Hidegkut, Schiefer von Máriavölgy, Mergel von Szvinyicza, Thon von Kálnó, Nebengestein des Serpentins von Baberszka Csóka bei Ujbánya, Kohle von Komló, Wässer von Nagy-Károly und Szolnok.

In einer ebenso betitelten Abhandlung (ebenda 1894-röl. Budapest 1895, 144—152) finden wir die nachstehenden chemischen Analysen: Kohlen von Vizslás, Sajó-Sz.-Péter, Ebedecz, Dorogh, Köpecz, Thone von Tápió-Sáp, Talács, Krassova, Kis-Terenne, Bács, Nagy-Halmágy, Pervova, Keretye, Adony, Mehadika, Szomolány, Tenk, Megyer und Kálnó.

Ref.: A. Schmidt.

4. A. Franzenau (in Budapest): **Einige Minerale von Kis-Almás im Hunyader Comitat in krystallographischer Beziehung** (Inaug.-Dissert. Budapest 1894, ung.).

Aus einem Vorkommniss des Jahres 1888 untersuchte der Verf. die folgenden Mineralien von genanntem Fundorte: Galenit, Sphalerit, Pyrit, Chalkopyrit, Pyrargyrit, Quarz, Baryt, Calcit, Dolomit und Siderit. Der Galenit ist in mehr oder weniger gerundeten Krystallen, {100}, {011}, {111}, vorhanden. Die durchscheinende, honiggelbe Zinkblende liess an einem 5 mm grossen Krystalle die nachstehenden Formen bestimmen: *a*{100}, *d*{110}, *o*$\varkappa${111}, **w*$\varkappa${10.10.1}, *p*$\varkappa${221}, *n*$\varkappa${223}, *m*$\varkappa${113}, *l*$\varkappa${115}, worunter *w*{10.10.1} eine neue Form für die Zinkblende ist. Habitus des Krystalles dodekaëdrisch.

		Beobachtet:	Berechnet:
$m : w$ =	(113):(10.10.1) =	60° 42′	60° 43′
$o : w$ =	(111):(10.10.1) =	31 14	31 13
$p : w$ =	(221):(10.10.1) =	15 24	15 26

Nach den bekannten Untersuchungen von Becke ist Verf. der Meinung, dass die aufgeführten hemiëdrischen Formen als negative zu deuten sind. Der Pyrit zeigte die Formen *a*{100}, *h*π{410}, *f*π{310} und *e*π{210} mit vorherrschendem {210}; die Flächen von *h* und *f* sind mit den Würfelflächen oscillatorisch combinirt. An einem sphenoidischen Kupferkieskrystalle, welcher nach Sadebeck derart orientirt wurde, dass die glänzenden Sphenoidflächen als negative, die gestreiften hingegen als positive angesehen wurden, fand Verf. die Formen: *c*{001}, *g*{203}, *e*{101}, *τ{605}, *ζ{907}, *χ{704}, *z*{201}, *m*{110}, *p*$\varkappa${111}, *p*′$\varkappa${1$\bar{1}$1}, worunter τ, ζ und χ neue Formen sind:

		Beobachtet:	Berechnet:
$c : \tau$ =	(001):(605) =	49° 36′	49° 47′
$c : \zeta$ =	(001):(907) =	52 1	51 43
$c : \chi$ =	(001):(704) =	60 4	59 53

Die berechneten Werthe sind aus Haidinger's Grundwerthen abgeleitet, und hat Verf. noch eine weitere Anzahl von berechneten Werthen zusammengestellt. Von Pyrargyrit war ein unvollkommener kleiner Krystall auf einer Gangstufe mit Baryt vorhanden, aber das Mineral kommt auch derb und eingesprengt vor. Der Quarz bildete einmal die Combination: *b*{10$\bar{1}$0}∞R, *r*{10$\bar{1}$1}*R* und *z*{01$\bar{1}$1}—*R*, ein anderesmal hingegen: *b*{10$\bar{1}$0}∞R, *r*{10$\bar{1}$1}*R*, *m*{30$\bar{3}$1}3*R*, *l*{02$\bar{2}$1}—2*R* und χ{41.1.$\bar{4}\bar{2}$.37} $\frac{\frac{42}{37}P\frac{42}{41}}{4}$. Der Baryt ist im Wolnyn-Habitus in wasserklaren Krystallen mit den Formen: *a*{100}, *b*{010}, *c*{001}, *m*{110}, λ{210}, χ{130}, *o*{011}, *d*{102}, *u*{101} und *z*{111} vorhanden. Die Flächen von {001} und {110} sind gleichmässig vorherrschend ausgebildet. Der Kalkspath bildet rauhe Skalenoëder, wahrscheinlich *R*3, der Dolomit ist in wasserklaren Rhomboëdern, (10$\bar{1}$1):($\bar{1}$101) = 73° 14′ (beobachtet), und der Siderit schliesslich in gelblichen, linsenförmigen Krystallen beobachtet worden.

Ref.: A. Schmidt.

5. **K. Zimányi** (in Budapest): **Mineralogische Mittheilungen** (Földtani Közlöny 1894, **24**, 360—368 ung., 399—406 deutsch).

1. Quarz von Tolcsva im Comitate Zemplén. In den Hohlräumen des am Tér-Berge bei Tolcsva gesammelten sphärolithischen Lithiodit kommen wasserklare, kurzprismatische Quarzkrystalle vor, deren Grösse zwischen 1—3 mm wechselt. Verf. beobachtete die nachstehenden Formen: {10$\bar{1}$0}∞R, {10$\bar{1}$1}*R*,

$\{30\bar{3}2\}\frac{3}{2}R$, $\{70\bar{7}5\}\frac{7}{5}R$, $\{13.0.\bar{13}.9\}\frac{13}{9}R$, $\{01\bar{1}1\}-R$, $\{0.11.\bar{11}.1\}-11R$, $\{3\bar{2}\bar{1}2\}-\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}r$, $\{12\bar{3}2\}-\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}l$. Die Krystalle bilden auch Zwillinge nach dem gewöhnlichen Quarzgesetze. Die Orientirung wurde mittelst Aetzung mit Flusssäure ausgeführt. Es ist bemerkenswerth, dass an diesen Krystallen die sonst gewöhnlichen Formen des Quarzes, wie $\{11\bar{2}1\}$, $\{51\bar{6}1\}$ etc. gänzlich fehlen. Aehnliche Quarzkrystalle wurden übrigens schon aus ähnlichen Gesteinen beobachtet, wie aus dem Sanidintrachyt von Perlenhardt, aus dem sphärolitischen Rhyolith von Bartos Lehotka, aus den Sanidiniten von São Miguel und aus den Rhyolithen von Wyoming. Von den Messungen des Verfs. können aufgeführt werden:

		Gemessen:	Berechnet:
$(10\bar{1}1):(70\bar{7}5)$	=	8° 57′	8° 51′ 43″
$(10\bar{1}1):(13.0.\bar{13}.9)$	=	9 53	9 37 14
$(10\bar{1}1):(30\bar{3}2)$	=	10 28	10 31 12
$(3\bar{1}\bar{2}2):(30\bar{3}2)$	=	16 56	16 55 53
$(3\bar{1}\bar{2}2):(10\bar{1}1)$	=	17 23	17 22 42

2. Hemimorphit von Vaskö (Moravicza) im Comitate Krassó-Szörény. Der nähere Fundort ist die Theresia-Grube, auf deren Halden ein körniges Magnetitstück gesammelt wurde, welches im Inneren Eisenglimmer, braunen blättrigen Sphalerit und feinkörnigen Galenit aufwies. In einigen Hohlräumen sassen an dem Sphalerit Hemimorphit und Quarz. Die Krystalle des Hemimorphit sind farblos oder weiss und 3—5 mm lang; die vorwaltende Fläche $b\{010\}$ ist in verticaler Richtung stark gestreift, die dünnen Krystalle zeigen noch an ihren freien Enden die Formen $c\{001\}$, $m\{110\}$, $e\{011\}$, $s\{101\}$ und $t\{301\}$.

3. Calcit von Tajova im Comitate Zólyom. Der Calcit kommt hier in grauem Thon mit Auripigment vor. Die anscheinend prismatischen Krystalle sind klein (1—3 mm lang, 1—2 mm dick), weiss und durchscheinend, selten wasserklar. Die meisten sind durch ein sehr steiles, positives Rhomboëder charakterisirt, welches jedoch nicht bestimmt werden konnte. Ausser dieser vorwaltenden Form hat Verf. noch die Flächen von $\{01\bar{1}2\}-\frac{1}{2}R$, wie auch von $\{21\bar{3}1\}R3$, diese letztere von geringer Grösse, beobachtet. An manchen Krystallen kommt noch ein steileres, ebenfalls nicht bestimmbares Skalenoëder in der Zone $[10\bar{1}1 : 21\bar{3}1]$ vor.

4. Baryt aus dem Kaukasus. Unter dem Gesteinsmaterial, welches Herr Dr. Franz Schafarzik von seiner Reise im Kaukasus (1886) mitbrachte, befand sich ein sandiger Jurakalkstein mit Terebrateln aus der Umgegend des Dorfes Charaki in der Provinz Avarskij in Dagestan, zwischen Bottlich und Chunsak. Im Inneren einer Terebratula fanden sich weisse Calcitkrystalle, $\{02\bar{2}1\}-2R$, und zwischen diesen ragte ein 4 mm langer, 2—$2\frac{1}{2}$ mm breiter, wasserklarer Krystall hervor, welcher sich nach den chemisch-spectroscopischen wie auch goniometrischen Untersuchungen als Baryt (ohne Sr-Gehalt) erwies. Der Krystall war prismatisch nach $o\{011\}$ entwickelt, was bekanntlich am Baryt eine gar nicht häufige Erscheinung ist. Seine Formen waren, nach deren relativer Grösse aufgeführt: $o\{011\}$, $d\{102\}$, $y\{122\}$, $m\{110\}$, $z\{111\}$, $a\{100\}$ und $J\{355\}$, welch letztere eine neue Form für den Baryt ist; $(011):(355) = 30° 21'$ gemessen, $30° 21' 16''$ berechnet; die neue Form war schmal, aber reflectirte scharf.

Ref.: A. Schmidt.

6. A. Schuller (in Budapest): **Beitrag zur Kenntniss der Schwefelverbindungen des Arsens** (Math. és term. tud. Értesitö 1894, 12, 255—261, ung.).

1. Tetraarsentrisulfid. Dieses neue Arsensulfid ist nach der Formel As_4S_3 zusammengesetzt, welche 75,76 % As und 24,24 % S verlangt; es kann daher als Tetraarsentrisulfid benannt werden, bis das Molekulargewicht bestimmt wird. Die Darstellung desselben (l. c. S. 77—79) geschah durch Zusammenschmelzen von Realgar, As_2S_2, mit Arsenstaub im Ueberschuss; nachdem das Product zerkleinert war, wurde es dem Sublimationsprocesse im Vacuum unterworfen, oder es wurde mit Schwefelkohlenstoff gereinigt. Nach vielen Experimenten ist es gelungen, den neuen Körper als eine constante Verbindung darzustellen. Diese ist bei gewöhnlicher Temperatur gelb, in Orange geneigt, bei höherer Temperatur dunkler orangefarbig. Die Dichte, auf Wasser von 19° C. bezogen, beträgt 3,60. Es ist krystallisirt, und die Krystalle gehören nach Jos. Al. Krenner dem rhombischen Systeme an. Die Substanz scheint in zweierlei Modificationen, in einer labileren und einer stabileren, zu existiren.

2. Hexaarsenmonosulfid. Bei der Darstellung von As_4S_3 beobachtete Verf. oftmals, dass bei der Sublimation ausser dem überschüssigen Arsen auch noch braune Flocken zurückblieben. Es ist gelungen, diese Substanz in einer zur Analyse nothwendigen Quantität darzustellen, indem As_4S_3 in geschmolzenem Zustande erhalten wurde, während in demselben Raume Arsen verflüchtigt wurde. Es wird der Arsendampf durch As_4S_3 aufgenommen; letzteres wird schwarz und verwandelt sich in eine immer schwerer schmelzbare Masse. Nach erfolgter Reinigung und chemischer Analyse zieht Verf. den Schluss, dass die in Rede stehende braune Substanz sehr wahrscheinlich eine neue Schwefelverbindung des Arsens ist, deren Zusammensetzung der Formel As_6S entspricht. Jedoch kann, abgesehen von dem Mangel einer Molekulargewichtsbestimmung, diese Formel noch nicht derart sicher festgestellt angesehen werden, wie die Formel des As_4S_3. Bei diesen Untersuchungen beobachtete Verf. Erscheinungen, welche vielleicht noch auf eine weitere neue Verbindung deuten.

3. Daten über Realgar und Auripigment. Realgar verflüchtigt sich im luftleeren Raume erheblich schon vor der Schmelzung, und während der Sublimation bilden sich schöne Krystalle, deren Länge nicht selten 10 mm übertrifft. Durch langsames Einströmen von Luft oxydirt sich das Product auf der Oberfläche unter Erwärmung. Das Auripigment ist bedeutend weniger flüchtig, als das Realgar. Auffallende Verflüchtigung findet nur nach dem Schmelzen statt, wenn also die Destillation beginnt. Die Oberfläche des Glasrohres wird mit einer gelben, glasartigen Schicht überzogen, welche sich bis zu den kältesten Theilen verbreitet und an den dünneren Partien farbenspielend ist. Diese letztgenannte Erscheinung ist sehr bezeichnend, denn dieselbe fehlt bei As_6S, As_4S_3 und As_2S_2. Nach den Untersuchungen des Verfs. bildet sich aus dem Realgar durch Einwirkung von Luft und Licht ausser As_2S_3 und As_2O_3 auch As_4S_3. In Betreff der Löslichkeit waltet noch ein grösserer Unterschied zwischen Realgar und Auripigment ob, denn während Realgar in Schwefelkohlenstoff und Benzol, besonders in höherer Temperatur, etwas löslich ist, zeigt Auripigment auch bei 150° keine Andeutung von Auflösung.

Ref.: A. Schmidt.

7. St. Györy (in Budapest): **Das Methylendinitrodiamin und seine Verbindungen** (Ebenda 413—419, ung.).

Die Arbeit enthält u. a. eine Rectification der früher als $CH_4N_4O_5Na_2$ resp.

$CH_4N_4O_5Na_2.H_2O$ gedeuteten Formel (s. diese Zeitschr. **23**, 501—502) z $Na_2CH_2N_4O_4.H_2O$ resp. $Na_2CH_2N_4O_4.2H_2O$.

Ref.: A. Schmidt.

8. **J. A. Krenner** (in Budapest): **Lorandit, ein neues Thallium-Miner von Allchar in Macedonien** (Math. és term. tud. Értesitö 1894, **12**, 473 un 1895, **13**, 258—263, ung.). Hierzu Taf. I, Fig. 9 u. 10.

Das neue Mineral, dessen Substanz in Form eines rothen Pulvers synthetisc dargestellt schon bekannt war, kommt am genannten Fundorte auf Realga meistens in einzelnen, 5—10 mm grossen Krystallen, zerstreut aufgewachse vor und ist eine jüngere Bildung als das Realgar selbst. Krystallsystem: Mono klin. Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $w\{120\}$, $h\{540\}$, $d\{101\}$ nur a Spaltungsform, $t\{\bar{1}01\}$, $r\{011\}$, $p\{111\}$, $q\{\bar{1}11\}$, $s\{321\}$, $n\{545\}$, $v\{\bar{5}21\}$ $l\{\bar{5}41\}$ und $x\{\bar{1}21\}$. Elemente:

$$a : b : c = 0,85342 : 1 : 0,66498; \quad \beta = 89^0 42' 52''.$$

		Gemessen:	Berechnet:
$a : c$	$= (100):(001) =$	$89^0 34'$	$89^0 42' 52''$
$a_1 : t$	$= (\bar{1}00):(\bar{1}01)$	52 21	52 15 8
$a : d$	$= (100):(101)$	52 5	51 53 48
$c : t$	$= (001):(\bar{1}01)$	*38 2	—
$a : w$	$= (100):(120)$	59 41	59 38 4
$a : h$	$= (100):(540)$	34 17	34 19 21
$c : r$	$= (001):(011)$	33 33	33 37 22
$p : p_1$	$= (111):(1\bar{1}1)$	55 30 ca.	55 14 38
$p : c$	$= (111):(001)$	45 24	45 34 43
$p : a$	$= (111):(100)$	56 47	56 51 20
$q : t$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	27 35	27 44 9
$q : a_1$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	57 20	57 11 25
$q : c$	$= (\bar{1}11):(001)$	45 45	45 48 3
$x : x_1$	$= (\bar{1}21):(\bar{1}\bar{2}1)$	92 55	92 52 53
$x : a_1$	$= (\bar{1}21):(\bar{1}00)$	65 0	65 2 52
$x : c$	$= (\bar{1}21):(001)$	57 13	57 7 38
$v : v_1$	$= (\bar{5}21):(\bar{5}\bar{2}1)$	*36 38	—
$v : a_1$	$= (\bar{5}21):(\bar{1}00)$	23 12	23 9 13
$v : c$	$= (\bar{5}21):(001)$	76 37	76 36 6
$v : t$	$= (\bar{5}21):(\bar{1}01)$	*41 26	—
$l : l_1$	$= (\bar{5}41):(\bar{5}\bar{4}1)$	67 10	67 0 56
$l : a_1$	$= (\bar{5}41):(\bar{1}00)$	36 11	36 8 28
$l : c$	$= (\bar{5}41):(001)$	78 20	78 15 26
$l : h_3$	$= (\bar{5}41):(\bar{5}40)$	11 34	11 58 35
$s : s_1$	$= (321):(3\bar{2}1)$	55 12	55 7 28
$s : a$	$= (321):(100)$	35 33	35 22 29
$s : c$	$= (321):(001)$	69 26	69 23 29
$s : t_1$	$= (321):(10\bar{1})$	77 3	77 3 8
$s : p$	$= (321):(111)$	25 28	25 27 22
$n : n_1$	$= (545):(5\bar{4}5)$	45 16	45 25 49
$n : c$	$= (545):(001)$	43 10	43 13 23
$n : h$	$= (545):(540)$	46 52	46 32 37
$s : v_1$	$= (321):(52\bar{1})$	35 37	35 37 8

Habitus der Krystalle entweder tafelig nach $c\{001\}$ (Fig. 9, Taf. I), und zwar dünn- oder dicktafelig, oder prismatisch nach $x\{\bar{1}21\}$ (Fig. 10), welch letzterer Habitus der seltenere und dadurch gekennzeichnet ist, dass $a\{100\}$, $d\{101\}$ und $t\{\bar{1}01\}$ fehlen. Die Flächen sind im Allgemeinen glatt und glänzend, aber es sind auch einige, durch die Wirkung eines Lösungsmittels angegriffen, rauh. Oft sind die Flächen von $a\{100\}$ und $v\{\bar{5}21\}$ rauh, und es giebt auch Krystalle, an welchen mit Ausnahme von $c\{001\}$ und $x\{\bar{1}21\}$ alle übrigen Flächen angegriffen sind. Die Flächen von $x\{\bar{1}21\}$ und $c\{001\}$ sind fein gestreift parallel mit der Zonenaxe von $[x:t]$ resp. $[c:a]$.

Spaltung nach drei Richtungen, parallel $t\{\bar{1}01\}$ ausgezeichnet, parallel $a\{100\}$ und $d\{101\}$ sehr gut; das Mineral ist biegsam und zerfällt schon unter geringem Drucke in Spaltungslamellen und -fasern. Härte 2—2½; spec. Gew. 5,529 (Loczka). Metallartiger Diamantglanz; Farbe cochenille- bis carmoisinroth, auf der Oberfläche oft schwärzlich bleigrau; manchmal mit einem ockergelben Pulver bedeckt. Strich ziemlich dunkel kirschroth. Die kleineren Krystalle durchsichtig bis durchscheinend. Auslöschung in der Zone der Symmetrieaxe dieser parallel; Pleochroismus in dieser Zone sehr schwach; Brechungsvermögen sehr gross.

Die chemische Zusammensetzung des neuen Minerals ist nach der Analyse von J. Loczka wie folgt:

	Gefunden:	Berechnet:
S	19,02	18,67
As	(21,47)	21,87
Tl	59,51	59,46
	100,00	100,00

Der Arsengehalt wurde aus der Differenz bestimmt. Die Zusammensetzung entspricht der empirischen Formel: AsS_2Tl. Verf. hält den Lorandit für isomorph mit dem Miargyrit, wofür er den Beweis bei einer anderen Gelegenheit führen wird. Das neue Mineral, auf einem Asbestfaden in die Flamme gebracht, schmilzt sehr leicht, ertheilt der Flamme eine smaragdgrüne Färbung und verflüchtigt sich gänzlich. In einem kleinen Kolben erhitzt, schmilzt es recht bald zu einer schwarzen, glänzenden Linse und zerfällt in Thallium- und Arsensulfid und Arsenigsäure, welche als schwarz, orange und weiss gefärbte Ringe sich an den Wänden ansetzen. Schliesslich kann noch erwähnt werden, dass der Lorandit sich unter Ausscheidung von Schwefel in Salpetersäure auflöst.

Ref.: A. Schmidt.

9. J. Szádeczky (in Budapest): **Ueber den Andesit des Berges Ságh bei Szob und seine Gesteinseinschlüsse** (Földtani Közlöny 1895, 25, 161—174 ung., 229—236 deutsch).

Verf. untersuchte u. a. die Gesteinseinschlüsse des Andesit vom Ságh-Berge bei Szob (Comitat Nógrád) und fand in den Einschlüssen von Cordieritgneiss blauen Korund und Andalusit. Die Grösse der Korundkrystalle beträgt 0,3 mm, und in denselben sind noch einzelne Spinelleinschlüsse zu sehen. Der Andalusit ist bis 4 mm gross und besitzt eine bläulichgraue Farbe. Die Cordierite enthalten manchmal aus Sillimanit bestehende Nadeln. Die Cordieritgneiss-Einschlüsse selbst besitzen selten mehr als Nussgrösse und sind mit dem einschliessenden Andesit fest zusammengebacken. Diese korundhaltigen Gneisse enthalten ausser den genannten Mineralien noch Plagioklase der Andesin- und Labradoritreihe,

Magnetit, Granat, Biotit, Apatit und in den Hohlräumen Tridymit. Einen ähnliche korundhaltigen Cordieritgneiss-Einschluss hat Herr Dr. Fr. Schafarzik aus de Amphibol-Andesit von Déva i. J. 1889 beschrieben.

Ref.: A. Schmidt.

10. J. Pethö (in Budapest): **Ueber ein Vorkommen von Chrysokoll im A desittuff** (Földtani Közlöny 1895, **25**, 174—177 ung., 236—237 deutsch).

Verf. sammelte i. J. 1893 am rechten Ufer des Hauptthales in der Gemeind Guravoj (im Comitate Arad) im Andesittuff Chrysokoll, welches als Ausfüllungs material und als Rinde selbst in den kleinsten Spalten des Gesteines vorkomm Die Farbe zeigt die verschiedensten Schattirungen von Grün und Blau; steller weise sind schöne, trauben- und himbeerartige Bildungen zu sehen, welche ge wöhnlich durch eine dünne, membranartige Chalcedonschicht von weisser, grau oder blass veilchenblauer Farbe überzogen werden. In manchen Stückchen sie man im Inneren verfärbte, strahlige, concentrische Ringe, in anderen wied fässt sich ein strahlig-grüner Malachitkern beobachten. Herr A. Kalecsinszk fand in diesem Chrysokoll Kieselsäure 40,20 % und Kupferoxyd 37,37 %.

Ref.: A. Schmidt.

11. A. Grittner (in Budapest): **Kohlenanalysen mit besonderer Berück sichtigung der ungarischen Kohlen** (herausgegeben von der königl. ung. natu wiss. Ges. Budapest 1895, 4⁰, 36 S. ung.).

Enthält die vom Verf. ausgeführten chemischen Analysen von 211 Kohle darunter etwa 27 solche, die sich auf nicht ungarische Kohlen beziehen. In d Einleitung sind einzelne Abschnitte über die chemische Constitution der Kohl überhaupt, über die Classification, die Verwitterung, die Entzündung derselbe ferner über die Ermittelung des Heizwerthes, über die Ausnützung der Wärm und über die chemische Analyse der Kohlen in klarer Auseinandersetzung z finden. Es ist erwähnenswerth, dass die Analysen des Verfs. sich nicht auf ei zelne Handstücke beziehen, sondern dieselben wurden mit Mittelproben a einer, meistens aber aus mehreren Wagenladungen ausgeführt, so dass die e zielten Daten den im Verkehr und Verbrauch sich befindenden Kohlen thatsächlic entsprechen dürften.

Ref.: A. Schmidt.

12. A. Abt (in Klausenburg): **Magnetisches Verhalten des Pyrrhot** (Értesitö az erd. Muzeum egyl. orv.-term.-tud. szakosztályából. 1895, **20**, 20-30 ung., 89—100 deutsch).

Verf. untersuchte das magnetische Verhalten jener Erze, deren Metalle z den stärker paramagnetischen gehören, also namentlich der Eisen-, Nickel-, K balt- und Manganerze. Von den untersuchten Mineralien zeigten zwei Hämati und sämmtliche Pyrrhotine magnetische Polarität, während bei den Pyriten u Nickelerzen eine solche nicht nachweisbar war. Die bei diesen vorläufigen Unte suchungen verwendeten derben Pyrrhotine stammten aus der Gegend von Bor (siehe das nächste Referat). In den weiteren, sich speciell auf Pyrrhotin beziehe den Experimenten hat Verf. u. a. gefunden, dass der Pyrrhotin einen ganz b trächtlichen remanenten Magnetismus annimmt, welcher den des Magnetit übe treffen kann, und dass das magnetische Verhalten des Pyrrhotin dem des hart Stahles ähnlich ist. Der Eisengehalt der vom Verf. untersuchten Erze ist nac

Analysen von Dr. G. Nyiredy wie folgt: Magnetite 68,20 resp. 67,50 %, Pyrrhotin von Alsó-Jára 57,58, desgl. von Óradna 57,25, desgl. von Oravicza 55,80 %. Was die näheren Daten anlangt, mag hier auf die Original-Abhandlung hingewiesen werden.

Ref.: A. Schmidt.

13. M. Pálfy (in Budapest): **Das Vorkommen des Pyrrhotin bei Borév** (Ebenda 54—57).

Dieser bereits bekannte Fundort des Pyrrhotin bei Borév (Torda-Aranyoser Comitat) ist, von der Gemeinde nicht weit entfernt, in der Thalenge des Járaflusses, am Contact des Urkalkes mit Phyllit, gelegen. Die begleitenden Mineralien sind Quarz und Pyrit. Der derbe, frisch in's Rothe spielende, graulichweiss gefärbte Pyrrhotin ist nicht ganz rein, sondern wahrscheinlich durch ein Silicat verunreinigt. Nach der Analyse des Verfs. ist seine Zusammensetzung:

		Nach Umr.:	Ber. $Fe_{11}S_{12}$
Fe	57,78	62,04	61,60
S	35,34	38,08	38,40
Cu	Spuren	—	—
Unlöslich	7,20	—	—
	100,32	100,12	100,00

Spec. Gew. im Mittel: 4,497.

Ref.: A. Schmidt.

14. Lord Kelvin (in Glasgow): **Ueber homogene Raumtheilung** (Proceedings Royal Society, London 1894, 55, 1; Nature 49, 445, 469).

Derselbe: Ueber die Molekularanordnung („Molecular Tactics") eines Krystalles (Boyle Lecture, Oxford 1894).

Nach Beschreibung verschiedener Modelle, welche dazu dienen, die verschiedenen, aus gleichen, gleich orientirten Figuren bestehenden, homogenen Structuren darzustellen, betrachtet der Verf. die verschiedenen Zellstructuren (Raumtheilungen), welche so beschaffen sind, dass jede Figur einer solchen Structur in einer parallelepipedischen Zelle enthalten ist.

Das analoge Problem der Ebenentheilung wird gelöst, indem man von der parallelogrammatischen Theilung der Ebene ausgeht, und jedes Parallelogramm in solcher Weise verschiebt, dass in jeder Ecke einer Zelle nur zwei benachbarte Zellen zusammentreffen. Dadurch entsteht nur ein specieller Fall der hexagonalen Theilung, in welcher zwei anliegende Seiten (und ihre Parallelen) in dieselbe Gerade fallen.

Der allgemeinste Fall ist also eine hexagonale Theilung.

Das analoge Problem im dreidimensionalen Raume wird gelöst, indem man nach derselben Methode die Raumtheilung nach drei Schaaren von parallelen Ebenen betrachtet (parallelepipedische Theilung).

Theilt man jedes Parallelepiped in sechs Tetraëder mittelst dreier Ebenen, welche durch eine Diagonale und die drei Paare von, in jener zusammentretenden, Seiten gelegt werden, und giebt man jedem Tetraëder eine einfache Schiebung, so bestimmen ihre Ecken die Ecken eines »Tetrakaidekaëders«.

Also ist die allgemeinste Theilung des Raumes nach ebenflächigen Zellen eine tetrakaidekaëdrische. Diese Figur besitzt 14 Flächen, nämlich drei Paare von gleichen Parallelogrammen und vier Paare von gleichen Hexagonen, 24 Ecken und 36 gleiche Kanten.

[Dem Verf. scheinen unbekannt zu sein die Untersuchungen Fedorow's und seine Beschreibung der verschiedenen Paralleloëder, besonders des Heptaparalleloëders, welches identisch mit dem Tetrakaidekaëder ist. Ref.]

In dem besonderen Falle, dass die Parallelogramme Quadrate und die Hexagone gleichseitig und gleichwinkelig werden, wird die Figur ein »Orthotetrakaidekaëder«.

Im allgemeinsten möglichen Falle der homogenen Raumtheilung wird die Zelle noch tetrakaidekaëdrisch, aber die Flächen werden nicht Ebenen und die Seiten nicht Geraden [vergl. Philosophical Magazine **24**, 502 und Fedorow, diese Zeitschr. **21**, 691. Ref.].

Ein verwandtes Problem ist dasjenige der engsten Zusammenhäufung (»Close-packing«) von gleichen Theilchen.

Wenn die Theilchen eine solche Gestalt besitzen, dass sie sich nur in einem Punkte berühren können (z. B. wenn sie convex sind), wird die engste Zusammenhäufung erreicht, wenn das Volumen des durch die analogen Punkte von vier benachbarten Theilchen gebildeten Tetraëders ein Minimum wird. Verf. betrachtet die verschiedenen möglichen Fälle und zeigt, dass jedes Theilchen von zwölf Nachbarn berührt wird.

Eine endliche Structur dieser Art besitzt nur drei Deformationsfreiheiten (freedoms of strain) statt der gewöhnlichen sechs. Eine Veränderung seiner Gestalt wird also nur stattfinden durch eine Rotation der Theilchen in Bezug auf eine gegebene Reihe der Theilchen und auf die Ebene, welche dieselbe und eine zweite gegebene Reihe enthält. Wird durch nichthomogene Spannung die Gestalt verändert, so wird das Volumen vergrössert.

Wenn die Theilchen Kugeln oder gleichorientirte Ellipsoide sind, so wird durch die Berührung jedes Theilchens mit zwölf benachbarten Starrheit der Gestalt und Unveränderlichkeit des Volumens bestimmt.

Verf. zeigt, wie die Umkehrung der Schichten solcher Theilchen Zwillingsbildung bedingt, und betrachtet von diesem Gesichtspunkte die periodische Zwillingsbildung des Natriumchlorats.

Endlich wird ein Modell beschrieben, welches die Symmetrieelemente des Quarzes besitzt. Dasselbe ist zusammengesetzt aus einer Reihe von gleichen, gleichseitigen, hexagonalen Prismen, die den Raum lückenlos erfüllen. Jedes Prisma trägt in jeder seiner drei alternirenden Flächen eine schief geschnittene Rinne und in den anderen Flächen eine ebensolche schiefe Leiste, welche in die Rinne eines anliegenden Prismas passt.

Ref.: H. A. Miers.

15. T. G. Bonney und **Miss C. Raisin** (in London): **Mineralien von Karakoram, Himalaya** (Proceedings Royal Society, London 1894, **55**, 468).

In der Beschreibung der von Herrn Conway in den Himalaya-Bergen gesammelten Gesteine erwähnen die Verff. folgende Mineralien: Anhydrit, Aktinolith, Vesuvian, Serpentin, Copiapit, Almandin, Granat, Epidot, Turmalin, Pyrit, Kupferkies.

Ein Pseudonephrit (vom Baltoro-Gletscher) scheint nach Analyse und mikroskopischer Untersuchung ein Gemenge von Granat, Jadeït, Skapolith und Pyroxen zu sein.

Ref.: H. A. Miers.

16. A. Marshall (in London): **Krystallform des Dibromhydrinden** $C_9H_6Br_2O$ (Journal Chemical Society 1894, **65**, 501).

Dargestellt von F. S. Kipping. Schmelzpunkt 132°. Krystalle aus Alkohol. Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,8884 : 1 : 0,8428.$$

Beobachtete Formen: {001}, {110}, {101}, {021}, {011}. Durchsichtige, gelbe, tafelförmige Krystalle.

Winkel:	Gemessen:	Zahl der Kanten:	Grenzen:	Berechnet:
(001):(101) =	*43° 29½'	24	43° 26' — 43° 34'	—
(110):(101)	*59 2	20	58 56 — 59 15	—
(101):(10$\bar{1}$)	93 1	12	92 56 — 93 7	93° 1'
($\bar{1}\bar{1}$0):(101)	120 59	18	120 49 — 121 9	120 58
(110):(1$\bar{1}$0)	83 14	16	83 0 — 83 34	83 14
(110):($\bar{1}$10)	96 44	16	96 26 — 96 56	96 46
(001):(110)	89 59	10	89 58 — 90 2	90 0
(00$\bar{1}$):(110)	90 0	10	89 42 — 90 10	90 0
(021):(001)	59 15½	30	59 7 — 59 37	59 19
(021):(02$\bar{1}$)	61 28	15	61 8 — 61 39	61 22
(021):(110)	55 5½	30	54 51 — 55 19	55 10
(021):($\bar{1}\bar{1}$0)	124 54½	29	125 10 — 124 41	124 50
(021):(101)	68 9	8	67 51 — 68 23	68 16
(021):($\bar{1}$01)	111 39	6	111 32 — 112 5	111 44
(001):(011)	40 24	2	40 11 — 40 37	40 7

Optische Axenebene (010); spitze Bisectrix die Axe a; Doppelbrechung stark, negativ.

$$2E = 28^0\ 9'\ (Li),$$
$$36\ 29\ (Na),$$
$$44\ 29\ (Tl).$$

Ref.: H. A. Miers.

17. A. Harker (in Cambridge): **Cordierit im Seengebiete Nord-Englands** (Geological Magazine **1**, 169).

In den metamorphosirten Thonschiefern von Wasdale Beck in der Nähe des Shap-Granits findet sich nach W. M. Hutchings mikroskopischer Cordierit.

Dasselbe Mineral findet sich auch nach Harker im Thonschiefer von Skiddaw im Caldew-Thale.

Ref.: H. A. Miers.

18. W. J. Harrison (in Birmingham): **Neue Localitäten für Brookit, Natrolith und Schwerspath** (Ebenda 567).

Brookit und Natrolith wurden gefunden im ophitischen Dolerit von Pwllheli, Caernarvonshire, Nordwales, und Schwerspath in den cambrischen Schiefern von Dosthill in der Nähe von Tamworth in Warwickshire.

Ref.: H. A. Miers.

19. F. Clowes (in Nottingham): **Schwefelsaures Baryum als Bindemittel in Sandstein** (Report British Association 1893, 732).

W. W. Watts (in London): **Ueber dasselbe** (Ebenda 1894, 665). (Siehe auch diese Zeitschr. **25**, 289.)

Nach Clowes finden sich solche Sandsteine bei Bramcote und Stapleford in der Nähe von Nottingham; dieselben werden durch das Bindemittel gegen Verwitterung geschützt; auch resultiren von den vorher erwähnten Knollen derselben einige sogenannte »Pebble-sand-beds«.

Nach Watts kommen solche Sandsteine auch im unteren Keuper bei Alton in Staffordshire vor. Hier besteht das Gestein aus Quarz- und Feldspathkörnern, hat das specifische Gewicht 3,09 und enthält ungefähr 28 % schwefelsaures Baryum.

Ref.: H. A. Miers.

20. A. T. Metcalfe (in Southwell, Nottinghamshire): **Ueber die Gypslager von Nottinghamshire und Derbyshire** (Report British Association 1893, 760).

Das Mineral kommt in Nestern und Bändern in den oberen Mergeln des Keupers vor; dieselben enthalten kein Steinsalz.

Ref.: H. A. Miers.

21. J. Joly (in Dublin): **Die thermische Ausdehnung des Diamants** (Nature **49**, 480).

Ein Diamantkrystall wurde auf eine Scheibe projicirt, und die Dimensionsveränderungen des Bildes durch zwei Ocularmikrometer gemessen. Der Krystall war in einem kleinen Platintubus enthalten, und die Erhitzung desselben geschah durch den elektrischen Strom. Durch Messung des angewendeten Stromes konnten die entsprechenden Temperaturen ermittelt werden, indem man vorher die Stromstärke bestimmte, welche den Schmelzpunkten von bekannten Substanzen entsprach. Verf. hat gefunden, dass die Ausdehnung des Diamants über 750° schnell wächst, und dass derselbe bei ca. 850° verbrennt.

Er zieht daraus den Schluss, dass der Diamant wahrscheinlich unter sehr hohem Drucke krystallisirte.

Ref.: H. A. Miers.

22. K. Grossmann und **J. Lomas** (in Liverpool): **Ueber hohle pyramidale Eiskrystalle** (Ebenda **50**, 600).

Die Verff. beschreiben hohle, hexagonale Pyramiden, welche die Wände einer Lavagrotte bei Surtshellir in Island bedeckten. Die Eiskrystalle erreichten eine Länge von zwei Zoll, und die hexagonale Basis hatte eine Kantenlänge von einem halben Zoll. Die Pyramiden waren mit ihrer Spitze aufgewachsen.

Diese Krystalle sind ähnlich denjenigen, welche sich finden 1) im Reiffrost (Hoar-frost), 2) unter Eiskrusten, 3) in den Gefrierkellern der Schiffe, welche gefrorenes Fleisch transportiren, oder in den Kellern der Münchener Brauhäuser. Aehnliche Krystalle wurden auch von Krenner und von Hering beschrieben (diese Zeitschr. **14**, 250).

Ref.: H. A. Miers.

23. C. J. Alford (in London): **Ueber Gold von Mashonaland** (Quarterly Journal Geological Society **50**, 8).

Verf. erwähnt folgende goldführende Mineralien und Gesteine: 1) Quarzgänge in Thonschiefer, 2) Krokoit mit Pyromorphit u. a. aus verwittertem Bleiglanz entstandenen Mineralien, 3) Diorit mit sichtbarem Gold.

Ref.: H. A. Miers.

24. Bourne (in London): **Ueber ein Projectionsgoniometer** (Proceedings Chemical Society **10**, 226).

In diesem, von Herrn Bourne und Miss E. Walter construirten, Instrumente bewegt sich mit derselben angularen Geschwindigkeit, wie der Krystall, eine hohle metallene Kugel, welche um zwei rechtwinkelige Axen beweglich und durch Stahlbänder mit den beiden Bewegungsaxen des Krystallhalters fest verbunden ist. Der Krystall wird justirt mittelst eines festen Collimators und eines Fernrohres. Nach der Justirung jeder Krystallfläche wird ein kleines Kreuz auf die Kugel gedrückt durch einen kleinen Gummistempel, den man durch einen Hebel bewegt. Nach dieser Methode liefert jede Krystallfläche ein entsprechendes Polkreuz auf der Kugel. Die verschiedenen Flächenwinkel kann man dann mittelst eines Aequatorialkreises ablesen. [Dieses Instrument wurde ganz unabhängig von den jetzt bekannten zweikreisigen Goniometern construirt; es mag wohl als Demonstrationsinstrument dienen. Ref.]

Ref.: H. A. Miers.

25. W. W. Watts (in London): **Ueber perlitische Risse im Quarz** (Proceedings Geological Society 1894, 70).

Verf. beschreibt Exemplare des porphyrischen Pechsteins von Sandy Braes, Antrim, Irland, in welchen die perlitischen Risse des braunen Glasmagmas sich durch die Quarzkrystalle fortsetzen. Er zieht daraus den Schluss, dass die Quarzkrystalle und das Magma sich mit derselben Geschwindigkeit contrahirt haben, und dass die perlitische Structur eines trachytischen oder felsitischen Gesteines nicht den Beweis liefere, dass das Gestein aus der Umwandlung eines Gesteinsglases entstanden sei.

E. Hull in (London) (Geological Magazine **1, 236**) ist der Meinung, dass von derartigen Gesteinen, die sich in der Nähe von Tardree befinden, man nur schliessen kann, dass die Contractionsrisse des glasigen Magmas sich durch die Quarzkrystalle fortsetzen, nicht aber, dass der Quarz eine perlitische Structur besitze.

Ref.: H. A. Miers.

26. H. A. Miers (in London): **Eine neue Methode der Krystallmessung und deren Anwendung auf die Bestimmung des Oktaëderwinkels am Kali- und Ammoniakalaun** (Report British Association 1894, 654).

Unter Benutzung eines neuen Goniometers, dessen Verticalaxe an dem unteren Ende den Krystall trägt, kann man Krystalle während des Wachsthums in der Lösung, wie gewöhnlich mit Collimator und Fernrohr, messen. Für diesen Zweck benutzt man ein rechtwinkeliges Glasgefäss, dessen planparallele Seiten genau senkrecht zum Fernrohre und zum Collimator stehen; durch Hebung desselben mittelst einer Schraube kann der Krystall in verschiedene Tiefen in der Lösung gebracht werden.

Beobachtungen am Alaun zeigten, dass die Krystalle dieses Salzes während des Wachsthums aus wässerigen Lösungen sich wie folgt verhalten:

1) Die Flächen des regulären Oktaëders treten niemals auf, sondern

2) die Reflexe einer scheinbaren Oktaëderfläche werden von drei Flächen eines sehr flachen Triakisoktaëders geliefert.

3) Auf einer scheinbaren Oktaëderfläche sind diese drei Vicinalflächen von verschiedener Grösse.

4) Auf verschiedenen scheinbaren Oktaëderflächen desselben Krystalles treten manchmal verschiedene Triakisoktaëder auf.

5) Während des Wachsthums bleiben die reflectirenden Ebenen nicht die-

selben; das Triakisoktaëder wird gewöhnlich steiler (d. h. weiter von dem Oktaëder entfernt), je grösser der Krystall wird.

6) Die Reflexe verändern sich nicht allmählich, sondern sprungweise, gewöhnlich mit Winkeldifferenzen von drei Minuten.

7) Wenn der Krystall bei steigender Temperatur sich aufzulösen beginnt, so treten im ersten Augenblicke Vicinalflächen eines Ikositetraëders auf.

Nach Pfaff und Brauns findet man bei der Messung des Oktaëderwinkels des Alauns abweichende Resultate. Nach dem Verf. sind diese nur scheinbare und dadurch verursacht, dass die Messungen früherer Beobachter nicht an wahren Oktaëderflächen, sondern an den Vicinalflächen des Triakisoktaëders angestellt wurden. Es kommt oft vor, dass zwei von diesen durch Ausdehnung der dritten fast vollkommen verdrängt werden.

Die Reihe der Vicinalflächen, welche während des Wachsthums über dieselben Oktaëderflächen treten, bestimmt durch ihre Zonen die Fläche des wahren Oktaëders mit dem Winkel $70^0 31\frac{3}{4}'$.

Die Vicinalflächen folgen also dem Gesetze der rationalen, aber nicht einfachen Indices. Die Indices scheinen unabhängig von der Temperatur zu sein und werden wahrscheinlich durch die Concentration der Lösung auf einer gegebenen Fläche bestimmt.

Ref.: H. A. Miers.

27. H. Louis (in Newcastle): **Die Rubin- und Sapphirlagerstätten von Moung Klung in Siam** (Min. Magaz. and Journ. of the Min. Soc. No. 48, September 1894, 10, 267—272; read June 13th 1893).

Der vom Verf. im Mai und Juni 1892 bereiste, vorher wohl überhaupt von keinem Europäer besuchte District Moung Klung liegt zwischen den Provinzen Chantabun [1]) und Krat; im Centrum des Rubin-Minengebietes das Birmanendorf Ban Yat. Das Gebiet umfasst die Thäler und Vorhügel am kleinen Flusse Klong Ven vor den grossen nördlichen Bergketten. Ausser den im eigentlichen Alluvium vorkommenden Edelsteinen finden sich solche auch in dem Boden, der die unteren Theile der dem Flusse abgekehrten Hügelseiten bedeckt; hier wird während der Regenzeit gearbeitet, wo die Alluvialflächen unter Wasser sind.

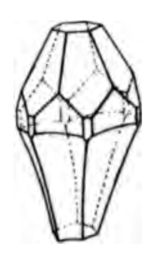
Der Edelstein-führende Boden der Hügel (an Steinen relativ arm) scheint das Product der subaërischen Zersetzung des Hügelgesteines zu sein, während die fluviatile Action die Alluvialgerölle und Sande lieferte. Das hauptsächlichste, wenn nicht einzige Gestein der Hügel ist ein Trappgestein, bald hart, bald in einen weichen, braunen Thon zersetzt. Neben den Trappfragmenten und spärlichen weissen Quarzgeröllen finden sich in den Alluvialschichten: Rubine (Dichte 3,979), Sapphire (Dichte 3,974), undurchsichtige Korunde, durchsichtige Quarze in guten Krystallen, reichlich Zirkon, massenhaft Ilmenit, sehr selten Topas; die Zirkone in zwei Varietäten, dunkelrothe gerundete Stücke (Dichte 3,477) und blass gelblichrothe Fragmente mit Krystallflächen (Dichte 4,667), beide Arten beim Erhitzen farblos werdend. Nirgends fand der Verf. etwas von den Edelsteinen in situ, und hörte auch von keinem derartigen Funde, obschon kaum daran zu zweifeln, dass der Trapp das Muttergestein ist.

Ref.: C. Hintze.

1) Die Berge von Chantabun lieferten früher (noch 1859) viele Rubine, die ohne Bergbau auf dem Erdboden und in Wasserläufen aufgelesen wurden; jetzt so gut wie nichts mehr.

28. H. A. Miers (in Oxford): **Ueber Spangolith** (Ebenda No. 48, Septbr. 1894, **10**, 273—277; read October 24th 1893).

In Ergänzung der bereits in dieser Zeitschr. **18**, 499 (aus dem Am. Journ. of Sc. 1890, **39**, 370) und **25**, 509 (aus dem N. Jahrb. f. Min. 1893, **2**, 174) erschienenen Mittheilungen untersuchte der Verf. die Krystalle von hemimorphem Habitus (aus der Sammlung in Göttingen) auf Pyroëlektricität nach der Kundt'schen Methode (durch Bestäuben mit Mennige und Schwefel), wobei eine sehr deutliche Reaction eintrat, und die Krystalle während des Erkaltens negativ elektrisch am pyramidalen (freien) Ende, positiv am spitzer zulaufenden (aufgewachsenen) Ende wurden [1]), vergl. beistehende Figur. Bei einem Zwillinge nach der Basis, an dem die spitzen Enden sanduhrförmig zusammenstossen, adhärirte der Schwefel als Ring an der engsten Stelle. Auch die mit verdünnter Salzsäure erzeugten Aetzfiguren waren an beiden Enden verschieden gross, obschon von ähnlicher (dreieckiger) Gestalt; die Einwirkung der Säure energischer am angewachsenen (unteren) Ende. Schliesslich weist der Verf. darauf hin, dass wegen des spärlichen Analysenmaterials die chemische Zusammensetzung des Connelit noch nicht als festgestellt zu betrachten sei, die physikalische Verschiedenheit von Spangolith aber sicher sei: der Spangolith ist basisch spaltbar, optisch negativ, pyroëlektrisch; der Connelit dagegen ohne basische Spaltbarkeit, optisch positiv und nicht pyroëlektrisch.



Ref.: C. Hintze.

29. Frank Rutley (in London): **Ueber einen Zirkon von Expailly, Haute-Loire** (Ebenda No. 48, Septbr. 1894, **10**, 278—279; read October 24th 1893).

Der Verf. meint, dass die Schwankungen im specifischen Gewichte von Zirkonkrystallen durch Flüssigkeits- oder Glaseinschlüsse hervorgebracht werden können, und fand auch in einem kleinen, theils rothen, theils farblosen Krystalle von Expailly zahlreiche Flüssigkeitseinschlüsse, mit und ohne Libelle, in Hohlröhren, die in geringer Entfernung unter der Oberfläche annähernd parallel der Hauptaxe angeordnet waren. Das Verhalten der Flüssigkeit — innerhalb der Libellen keine andere Libellen, wie bei der Mischung von flüssiger und gasförmiger Kohlensäure; keine plötzliche Veränderung in den Einschlüssen beim Erhitzen auf den kritischen Punkt der Kohlensäure — lässt nur Wasser vermuthen.

Ref.: C. Hintze.

30. Derselbe: Ueber Fulguriten von Griqualand West (Ebenda 280—284; read October 24th 1893).

Der Verf. beschreibt eine Reihe von Blitzröhren, die in der Nachbarschaft von Griquastad gesammelt wurden, und vergleicht die (auch an Schliffen studirte) Structur und Gestalt mit Photographien von Blitzen. Auch eine Zusammenstellung von Literatur wird gegeben.

Ref.: C. Hintze.

31. Derselbe: Ueber einige Einschlüsse in Quarz (Ebenda 285—286; read February 6th 1894).

In einem aus Derbyshire (vielleicht von Castleton) stammenden Quarz beobachtete der Verf. einen wolkigen Einschluss in federartiger Curve, bestehend aus

1) Connelitkrystalle zeigten keine Spur von Pyroëlektricität.

einer Reihe nahezu paralleler Linien farbloser, durchsichtiger bis schneeweiss Körnchen, die unter dem Mikroskope als deutliche, zum Theil angefressene Rhon boëder erscheinen, wahrscheinlich von einem Carbonat, das bei der Bildung d Quarzes in einem Hohlraume oder einer Spalte, wohl in Kohlenkalk oder Dolomi aus dessen Zerstörung aufgenommen wurde. In einem anderen Quarz war zahlreiche farblose Rhomboëder unregelmässig vertheilt.

Ref.: C. Hintze.

32. A. Liversidge (in Sydney): **Nantokit von New South Wales** (Mi Magaz. and Journ. of the Min. Soc. No. 48, September 1894, **10**, 326—32' read April 10th 1894).

Auf der Broken Hill South Mine fand sich ein hauptsächlich aus Bleicarbon Kupfer und Cuprit bestehender Block, mit Krystallfragmenten von Nantokit, v erbsengrüner Farbe; aussen blassgrün durch oberflächliche Oxydation, im Inner dunkler. Frische Bruchstücke farblos und durchsichtig, stark glas- oder sog diamantglänzend; doch nach wenigen Tagen durch Efflorescenz pulverig werden Bruch kleinmuschelig, gelegentlich mit einer Spaltungsfläche. Vor dem Löthroh unter lebhafter Blaufärbung der Flamme schmelzbar; auf Kohle ein Kupferko hinterlassend. Härte zwischen 2—3; Dichte 4,1 bei 27° C. nach Liversidg 4,3 nach Armstrong und Carmichael, deren Analyse *Cu* 64,28 und *Cl* 35,1 ergab, berechnet *Cu* 64,18 und *Cl* 35,82 für Cu_2Cl_2.

Ref.: C. Hintze.

33. B. Stürtz (in Bonn): **Ueber ein wenig bekanntes Tridymitvorkomm im Siebengebirge** (Sitz.-Ber. niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde, Bo 1894, S. 9—12, Sitzung vom 12. Febr. 1894).

Am Hang der Krahhardt, südsüdwestlich von der Löwenburgspitze, ein Hochfläche rechts an und über der neuen Fahrstrasse von der Heilanstalt Hohe honnef nach der Löwenburg, reicht ein Trachytvorkommen [1]), durch zahlrei umherliegende Gesteinsblöcke markirt, vom Höhenrande bis hinab in die Schlucl In Hohlräumen dieses Trachyts (»Drachenfels-Trachyts«) mit hellgrauer, etw bläulicher Grundmasse einfache Tridymittäfelchen und Zwillinge, oft von gelbe Rande umgeben wie im Perlenhardt-Trachyt.

Ref.: C. Hintze.

34. K. Busz (in Bonn): **Ueber Apophyllit vom Oelberg im Siebeng birge, Breithauptit von Andreasberg und Olivin vom Krufter Ofen bei Niede mendig** (Ebenda S. 32—33, Sitzung vom 12. Febr. 1894).

1) Dicktafelig ausgebildete, wasserklare Apophyllitkrystalle [2]) {001}, {01 {111}, bis 3 mm lang und 1 mm dick. — 2) und 3) schon von Herrn La peyres in dieser Zeitschr. **24**, 496 mitgetheilt [3]).

Ref.: C. Hintze.

---

1) Vorkommen von Grosser (Tscherm. Mitth. N. F. 1892, **13**, 63) erwähnt.

2) Vom Oelberg zuerst erwähnt von Pohlig (Niederrh. Ges. Bonn 10. Febr. 18 54) als »säulige« Krystalle. — Bekannt auch in Basalten nördlich und südlich vom Si bengebirge, vom Finkenberg bei Beuel und Minderberg bei Linz am Rhein.

3) Ebenso wie die von Laspeyres in der Niederrhein. Ges. Bonn (12. Nov. 18 114) vorgetragenen Beobachtungen an Quarz und Zirkon im Meteoreisen von Toluca.

85. A. Pelikan (in Wien): **Ueber Göthit, Limonit und rothen Glaskopf** (Tscherm. min.-petr. Mitth. 1894, 14, 1).

An einigen orientirten Schnitten nach den drei Pinakoiden, welche aus Krystallen von Göthit aus Cornwall angefertigt waren, wurden folgende optische Bestimmungen ausgeführt: Die Krystalle haben deutliche Absorption, der || *c* schwingende Strahl giebt ein lichtes Orangegelb, || *b* Gelbbraun, || *a* sattes Braun. Die Axenebenen für verschiedene Farben sind gekreuzt, die für Roth fällt mit {100}, für Gelb und Grün mit {001} zusammen, und die spitze negative Bisectrix für alle Farben steht senkrecht auf {010}. Gemessen wurde der Axenwinkel im Mikroskope mit dem Ocularschraubenmikrometer $2E_r = 58^0 31'$, $2E_g = 67^0 42'$[1]; für Grün ist das Mineral zu wenig durchlässig, um eine genaue Messung zu ermöglichen. Eine der Platten zeigte einen auffallend kleinen Axenwinkel für *Na*-Licht: $2E_g = 36^0 46'$. Die Lichtbrechung des Minerals ist ungefähr 2,5, die Doppelbrechung, welche ziemlich hoch ist, konnte nicht genau bestimmt werden.

Die optischen Eigenschaften des Limonit wurden an einem braunen Glaskopf von Ouro Preto, Minas Geraës, Brasilien, studirt. Es ergab sich, dass auch dieses Mineral im rhombischen Systeme krystallisirt. Man erkennt in den radialfasrigen Aggregaten eine deutliche Spaltbarkeit parallel zur Längsrichtung, parallel zu welcher in allen Fällen die Auslöschungsrichtung orientirt ist. Der Verf. nimmt diese Spaltfläche als {100} an, die Längsrichtung der Nadeln als *c*-Axe und giebt folgendes optische Schema: Ebene der optischen Axen {100}, Austritt der negativen, vermuthlich ersten Bisectrix auf {010}; Winkel der optischen Axen sehr gross, $\varrho > v$. Die Absorption, welche ähnliche Farbentöne aufweist, wie beim Göthit, ist $\mathfrak{b} > \mathfrak{c} > \mathfrak{a}$. Die Doppelbrechung ist viel geringer, als bei dem letztgenannten Mineral; sie wurde mit dem Babinet'schen Compensator bestimmt: $\gamma - \alpha = 0,048$. Es wurde ferner an dem besprochenen Glaskopfvorkommen constatirt, dass derselbe aus abwechselnden Schichten von Limonit und Hämatit besteht, was auf einen Wechsel in den Bildungsbedingungen hinweist. Da die Limonitzonen in ihren Structurverhältnissen durchaus keinen Zusammenhang mit den gleichfalls fasrigen von Rotheisen besitzen, sondern die verschiedenen Zonen vielmehr in den einzelnen stalaktitischen Gebilden sich in gleicher Regelmässigkeit wiederholen, dürfte die Haidinger'sche Ansicht von der pseudomorphen Entstehung des rothen Glaskopfes aus braunem für dieses Vorkommen nicht zutreffen.

Ref.: E. Weinschenk.

86. C. Laube (in Prag): **Ueber das Vorkommen von Baryt und Hornstein in Gängen im Porphyr von Teplitz** (Ebenda 13).

In einem Quarzporphyr an der Lippnay bei Teplitz findet sich ein gangförmiger Streifen, dessen Nebengestein in derselben Weise verändert ist, wie dasjenige der sogenannten Thermalgänge. Der Gang besteht aus rauchgrauem Hornstein mit Nestern von honiggelbem Baryt der Combination {001}, {110}, {011}, und es spricht die ganze Art des Vorkommens dafür, dass derselbe durch Absatz aus den Thermalquellen sich gebildet hat. Gleichzeitig wird ein recenter Absatz von krystallisirter SiO_2 aus dem Teplitzer Thermalwasser erwähnt, welcher sich im grossen Bassin des Steinbades über Porphyrgerölle gebildet hatte.

Ref.: E. Weinschenk.

---

1) Vergl. die abweichenden Resultate von Palla, diese Zeitschr. **11**, 27.

87. E. von Fedorow (in Moskau): **Mineralogisches aus dem nördlichen Ural** (Tscherm. min.-petrogr. Mitth. 1894, **14**, 85 und 143).

Das Vorkommen von gediegenem Gold im nördlichen Ural steht im Zusammenhange mit Diabas, Diabasporphyrit und Augitporphyrit. Der goldführende »Sand« ist daselbst häufig nichts anderes, als das verwitterte Ausgehende derartiger Gesteine, in welchem noch frische Knauern derselben stecken, so namentlich in vielen Gruben in der Umgebung des Kirchdorfs Nikito-Iwdel. Eigenthümlich ist dort auch die Art des Auftretens des Goldes in Nestern im Geröll des Flusses Iwdel, welche dadurch entstanden sind, dass der leicht verwitternde devonische Kalk, welcher den Untergrund bildet, in mehr oder weniger tiefen Gruben ausgehöhlt wurde, und der Goldgehalt der zahlreichen Diabasgänge, welche denselben allenthalben durchsetzen, bei der Zerstörung dieser Gesteine in diesen Löchern durch eine Art natürlichen Sicherprocesses zusammengeschwemmt wurde. Jedenfalls stammt das Gold hier aus der nächsten Umgebung, und es wurde auch mehrfach im Anstehenden beobachtet; so kleine Körner in einem Diabas aus dem Flusse Wijai ($61^{0}15'$ nördl. Breite) und als feiner Ueberzug auf einem, mit Diabastuff zusammenhängenden, hornsteinähnlichen Gebilde aus dem Flusse Iwdel ($60^{0}43'$ nördl. Breite).

In geringer Menge begleiten das Gold andere schwere Mineralien, so Zinnober, gediegen Blei und Platinmineralien, welch letztere hin und wieder dem Golde das Gleichgewicht halten, so namentlich im Oberlaufe des Flusses Loswe, im Unterlaufe des Zuflusses desselben, Uschma, und in den Flussthälern Long-Sos und Tosemja; die dort vorherrschenden Gesteine sind Syenitgneisse [? der Ref.]. In den nördlich von der Uschma befindlichen Bergen Hoi-Equa und den südlich davon gelegenen von Tschistop sollen in letzterem Gesteine bedeutende Eisenerzanreicherungen vorhanden sein, was durch grosse Gerölle von Magnetit und Rotheisenstein, sowie durch magnetische Anomalien wahrscheinlich gemacht wird, welche in diesen Bergen beobachtet wurden. Auch im Flüsschen Petropawlowskaia, dessen Thal mit den »Syenitgneissen« nicht in Berührung kommt, findet sich Platin. Derbes Magneteisen (selten mit Krystallen der Form {110} mit kleinem {111}) bildet einen mächtigen Gang im Diabas an der Sjewerni Rudnik (»Nördliche Erzgrube«) unter 61^{0} nördlicher Breite, 8 km vom Flusse Loswe. Auch in der Taltija, Zufluss der Iwdel, wurde Magnetit in Geröllen gefunden, und an letzterem Hauptflusse selbst neue Lagerstätten. Zunächst ein Gang desselben in einem stark verwitterten Gabbro mit Krystallen von Magnetit der Form {111}, von Epidot {001}, {100}, {110}, {$\bar{1}$11} und Quarz; ferner im Oberlaufe desselben Flusses ein hauptsächlich aus Magnetit und Hämatit bestehender Schiefer mit wohl entwickelter Flasertextur, der auch Glaukophan führt. Endlich wird noch ein mächtiger Eisenglanzgang in den Schiefern am Flusse Kutim, Zufluss des Uls (Kamagebiet) am östlichen Abhange des nördlichen Ural, erwähnt, welcher inmitten des öden Landes zu grossartigem Bergbau Anlass gab.

Ref.: E. Weinschenk.

88. G. A. Ippen (in Graz): **Ueber synthetische Bildung von Zinnoberkrystallen** (Ebenda 114).

Zinnober von Neumarktl in Krain wurde mit Na_2S-Lösung einen Monat lang tagsüber einer Temperatur von 80^{0} ausgesetzt, wobei sich einzelne Krystalle von Zinnober neu bildeten. Auch bei Temperaturen unter 45^{0} liessen sich aus gefälltem Schwefelquecksilber durch Na_2S-Lösung Krystalle von Zinnober darstellen, während dies in verdünnter HCl nicht gelang. Formen der erhaltenen Krystalle:

{10$\bar{1}$1}, {10$\bar{1}$2}, {10$\bar{1}$4}; {10$\bar{1}$0}, {10$\bar{1}$1}, {20$\bar{2}$5}; {10$\bar{1}$1}, {0001}, {10$\bar{1}$0}, {20$\bar{2}$5}.

Ref.: E. Weinschenk.

89. A. Frenzel (in Freiberg i. S.): **Mineralogisches** (Tscherm. min.-petr. Mitth. 1894, **14**, 121).

Serpierit. Die chemische Analyse dieses Minerals von Laurion, Griechenland, ergab folgende Zusammensetzung (bei der ersten Analyse war der Gehalt an CaO nicht berücksichtigt):

	I.	II.
CuO	34,77	36,12
ZnO	15,46	13,95
CaO	—	8,00
SO_3	23,54	24,29
H_2O	16,75	16,75
		99,11

woraus die Formel folgt: $(Cu, Zn, Ca)SO_4 + 3H_2O$. Die zur Analyse verwendeten Krusten zeigten himmelblaue Farbe und fasrige Zusammensetzung. Ihr spec. Gew. ist = 2,52. Bei 100° entweichen 1,26 % H_2O, bei 255° schwärzt sich das Pulver. — Anschliessend an diese Untersuchung erwähnt der Verf. eine Anzahl von Mineralien von Laurion, sowie von Seriphos, einer der kykladischen Inseln.

Lautit. Neue Anbrüche auf dem Rudolfschachte zu Lauta bei Marienberg in Sachsen ergaben grosse, durchscheinende Proustitkrystalle, Glaserz, gediegen Silber, Arsen mit Oktaëdern von Arsenit, Kupferkies und Lautit. Letzteres Mineral fand sich in geringerer Menge in strahligen, reinen Partien, nicht aber in Krystallen; eine Analyse desselben ergab:

Cu	36,10
As	45,66
S	17,88
	99,64

Spec. Gew. = 4,91.

Die Analyse führt, wie die früheren an diesem Mineral ausgeführten, auf die Formel $CuAsS$.

Pseudobrookit. Angeregt durch die Untersuchungen von B. Doss (vgl. diese Zeitschr. **20**, 569), welcher dem Pseudobrookit die Formel Fe_2TiO_5 zuschreibt, wurde reines Material von diesem Mineral vom Aranyer Berge vom Verf. einer erneuten Analyse I unterzogen, desgleichen auch von Traube (Analyse II), welcher noch vorher die dabei angewandte Hilger'sche Methode der Trennung von TiO_2 und Fe_2O_3 auf ihre Richtigkeit geprüft hatte. Das Resultat war:

	I.	II.
TiO_2	41,27	41,46
Fe_2O_3	54,24	56,45
MgO	2,09	1,00
SiO_2	1,66	1,29
	99,26	100,20

was, wenn man die geringen Mengen von MgO und SiO_2 als Verunreinigungen in Abzug bringt, gut mit der früher angenommenen Formel des Pseudobrookit übereinstimmt.

Ref.: E. Weinschenk.

40. F. Becke (in Prag): **Scheelit im Granit von Predazzo** (Tcherm. mi petr. Mitth. 1894, **14**, 277).

In einer der bekannten Turmalinsonnen im Granit von Predazzo wurde nel einem grossen Fluoritkrystalle von blassmeergrüner Farbe derber, hellerbsengell Scheelit beobachtet.

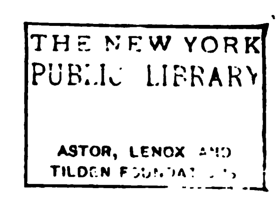
Ref.: E. Weinschenk.

41. Derselbe: Schalenblende von Mies in Böhmen (Ebenda 278). — l Schalenblende besteht unter dem Mikroskope aus einem gleichartigen, fasri Aggregate von Glaskopftextur; die Fasern löschen gerade aus und sind opti positiv. Eine von Dr. Heinisch ausgeführte Analyse ergab:

Gangart	1,11	
Fe	0,45	
Cd	1,02	1,030 (Fe, Cd, Zn)
Zn	65,28	
S	30,23	0,945
	98,65	

Die Analyse giebt somit, wie die früheren, einen Verlust von $1\frac{1}{3}$ %, da einen Ueberschuss der Metalle im Verhältniss zum Schwefel; doch lässt, v schon bemerkt, die mikroskopische Untersuchung eine Beimengung eines saue stoffhaltigen Minerals, etwa von Voltzin, nicht erkennen.

Ref.: E. Weinschenk.



VIII. Ueber den Zusammenhang zwischen den krystallographischen Eigenschaften von isomorphen Salzen und dem Atomgewichte der darin enthaltenen Metalle.

Die Volum- und optischen Beziehungen der Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze der monosymmetrischen Reihe von Doppelsulfaten $R_2M(SO_4)_2.6H_2O$.

Von

A. E. Tutton in Oxford.

(Mit 40 Textfiguren.)

In einer Mittheilung, diese Zeitschr. 1893, **21**, 491, wurden die Resultate einer ausführlichen Untersuchung der morphologischen Eigenschaften von 22 Doppelsulfaten dieser Reihe gegeben. Die gegenwärtige Mittheilung beschäftigt sich mit den Volumverhältnissen und den optischen Eigenschaften derselben 22 Salze, bringt also ihre krystallographische Kenntniss zum Abschlusse. Die interessante Natur der morphologischen Beziehungen derselben machte ein ähnliches, ausführliches Studium der physikalischen Eigenschaften sehr wünschenswerth. Diese Reihe isomorpher Salze ist ohne Zweifel unter jenen, welche in den Systemen von geringerer Symmetrie krystallisiren, die wichtigste, und daher ist keine Mühe gespart worden, um die jetzt mitgetheilte Arbeit so vollständig und genau wie möglich zu machen. Jedes Salz ist in ähnlicher, ausführlicher Weise wie die normalen Sulfate von Kalium, Rubidium und Cäsium (s. diese Zeitschr. **24**, 1) studirt worden.

Die bisher vorhandenen Daten waren ganz unzureichend, um die Herleitung wichtiger Schlussfolgerungen über ihre Beziehungen zu erlauben. Die Kaliumsalze der Reihe sind von Murmann und Rotter (Sitz.-Ber. der k. Akad. Wiss. Wien **34**, 135) i. J. 1859 studirt worden; ihre Arbeit kann jedoch heute nur als approximativ, was die optischen Axenwinkel betrifft,

und als sehr roh in Rücksicht der Brechungsexponenten betrachtet werde denn es sind gewöhnlich nur die Brechungsexponenten β bestimmt worde und manchmal sehr ungenau, wie weiterhin gezeigt werden wird. Zw der Kaliumsalze (diejenigen, welche *Mg* und *Fe* enthalten) sind von Topsi und Christiansen in ihre berühmte Untersuchung (Ann. Chim. Phys. 18' [5], 1, 1) einbezogen worden, in welcher aber die optischen Axenwink nur für *Na*-Licht und die Brechungsexponenten β allein direct bestim wurden; die indirect bestimmten Exponenten α und β weichen beträchtli von den weiterhin mitgetheilten, direct bestimmten Werthen ab. Die wic tigste, diese Reihe betreffende Arbeit ist von Perrot (Archiv des Scienc phys. et nat. Genève 1891, 26 und 669, und 1893, 3; ref. in dieser Zeitsc 23, 320 und 25, 317) ausgeführt worden. Perrot hat die acht *Rb*-Dopp sulfate und die *KZn*- und die *CsZn*-Salze untersucht. Die Brechungse ponenten dieser Salze hat er mit Hilfe der Soret'schen Totalreflectomete Methode bestimmt, welche das Schleifen von Prismen vermeidet, und es i erfreulich zu constatiren, dass die so erhaltenen Resultate mit den im Fo genden gegebenen, mit Hilfe von genau orientirten Prismen bestimmt Werthen in sehr guter Uebereinstimmung stehen. Perrot hat die ander optischen Eigenschaften nicht mit hinreichender Ausführlichkeit bestim Die Winkel der optischen Axen wurden gewöhnlich nur indirect bestimn mit Hilfe des mittleren Brechungsexponenten des Krystalles, eine Methoc welche zu beträchtlichen Ungenauigkeiten Anlass geben kann, und gewöh lich auch nur für *Na*-Licht. Der Fehler der stauroskopischen Bestimmung für die Orientirung der Axen des optischen Ellipsoids ist ebenfalls gröss als bei den hier mitgetheilten Bestimmungen. Ferner wurden die spe fischen Gewichte mit der hydrostatischen Wage bestimmt und weich häufig beträchtlich von den hier gegebenen Werthen ab, welche letzte mit viel grösseren Mengen der Salze und nach der Pyknometermethode r grösster Sorgfalt bestimmt worden sind. Der Hauptzweck der Perrot'sch Arbeit war, für die Refractionsbestimmungen die Zuverlässigkeit der S ret'schen Methode zu prüfen, und die Uebereinstimmung zwischen sein Beobachtungen und den im Folgenden gegebenen ist eine ganz befriedigen

Sieben der acht Cäsiumsalze sind bisher nie untersucht worden.

Es geht aus der vorhergehenden historischen Uebersicht klar herv dass eine ausführliche Untersuchung der sämmtlichen 22 Salze nach d genauesten und streng vergleichbaren Verfahren sehr wünschenswe war, um unsere Kenntniss dieser wichtigen Reihe so genau und vollkomm zu machen, dass man allgemeine Schlussfolgerungen über die Wirkung Ersetzung eines metallischen Bestandtheiles durch einen anderen dar mit Sicherheit herleiten könne.

Die Arbeitsmethode.

Volumuntersuchung.

Specifische Gewichte. Die specifischen Gewichte sind mit Hilfe der »Pyknometermethode mit Kappe« bestimmt worden, welche vollständig in der Mittheilung über die normalen Sulfate beschrieben worden ist, und die wir Chapman Jones verdanken. Die Bestimmungen sind stets mit den durchsichtigsten Krystallen ausgeführt worden, welche in einem Achatmörser zum feinsten Pulver zerrieben und durch ein feines Platinnetz gesiebt wurden. Wenn keine Verwitterung zu befürchten war, wurde das Pulver zwischen Filtrirpapier bei gewöhnlicher Temperatur stundenlang gepresst und alsdann wieder mehrmals gesiebt, um etwaige Spuren von Feuchtigkeit, von kleinen Einschlüssen von Mutterlauge herrührend, zu beseitigen. Als Flüssigkeit wurde durchweg Tetrachlorkohlenstoff angewandt, dessen specifisches Gewicht häufig während der Untersuchung zur Controlle wiederbtesimmt wurde. Beträchtliche Mengen, 2—5 g, der Salze sind für jede Bestimmung gebraucht worden, aus verschiedenen Krystallisationen genommen, welche von zwei Präparaten geliefert worden sind. Vier Bestimmungen sind für jedes Salz ausgeführt worden. Die angewandten Sulfate von Rubidium und Cäsium stammten grösstentheils von dem Ausgangsmateriale, welches beim Beginne dieser Arbeit angeschafft worden war, und dessen Analysen in der Mittheilung über die Morphologie angegeben worden sind (S. 492); es ist aber nöthig gefunden worden, dieses durch eine weitere, von Merck gelieferte Menge zu ergänzen, welche sich jedoch bei analytischer und spectroskopischer Untersuchung gleich rein erwiesen hat.

Die sämmtlichen specifischen Gewichte sind bei 20° bestimmt worden, und die Resultate wurden mit Wasser bei 4° verglichen; also sind alle Werthe streng vergleichbar.

Topische Axen. Die Formeln, welche für die Berechnung dieser Constanten angewandt wurden, sind diejenigen, welche in der Mittheilung über die normalen Sulfate (diese Zeitschr. 24, 27—28) nach einem Vorschlage von Becke gegeben worden sind; sie gelten für Muthmann's »topische Axen« (diese Zeitschr. 22, 520), für die monokline Symmetrie modificirt durch Einführung des Sinus des Axenwinkels β. Die wirkliche Bedeutung von χ, ψ und ω ist, dass sie die relativen Entfernungen der Mittelpunkte benachbarter Krystallbausteine (oder Krystallbaustein-Gruppen, falls die Structur aus mehr als einer Art von Bausteinen, zusammen der chemischen Formel entsprechend, besteht) längs der drei Richtungen morphologischen Axen darstellen. Die Formeln sind die folgenden:

$$\chi = \sqrt[3]{\frac{a^2 V}{c \sin \beta}}; \quad \psi = \sqrt[3]{\frac{b^2 V}{a c \sin \beta}}; \quad \omega = \sqrt[3]{\frac{c^2 V}{a \sin \beta}},$$

wo V das Molekularvolum und a, b und c die gewöhnlichen morphologisch Axenlängen bedeuten.

Optische Untersuchung.

Die optische Untersuchung einer grossen Zahl von Salzen einer niedi gen Symmetrieordnung, nach dem erschöpfenden vorgeschlagenen Schen welches die Herstellung mehrerer hundert genau orientirter Platten u Prismen und ihre Untersuchung bei monochromatischem Lichte verlan war ein Unternehmen von beträchtlichem Umfange. Dies veranlasste d Verf. zur Construction der Instrumente »zum Schleifen von genau orie tirten Platten und Prismen« und »zur Herstellung von monochromatisch Lichte von beliebiger Wellenlänge« (diese Zeitschr. 24, 433 und 45 Ohne das erstere wäre diese Arbeit kaum je vollendet worden und wür gewiss nicht eine so hohe Genauigkeit erreicht haben. Circa 200 Platt sind mit demselben hergestellt worden, wenigstens acht für jedes Salz. allen Fällen wurde die Genauigkeit der Orientirung bestimmt, obglei diese Aufgabe häufig dadurch recht erschwert wurde, dass wegen der n drigen Symmetrieordnung die Beziehungen zwischen den morphologisch Flächen und den Richtungen der Mittellinien complicirte waren. Die Platt senkrecht zur ersten Mittellinie zeigten immer die Interferenzbilder Polariskop genau symmetrisch zum Centrum des Gesichtsfeldes. Für Bestimmungen der Brechungsexponenten sind ca. 150 Prismen von hergestellt worden, wenigstens sechs für jedes Salz; die beiden Fläch jedes Prismas waren symmetrisch zu einem optischen Hauptschnitte u ihre brechende Kante parallel einer der drei Axen des Indexellipsoi also lieferte jedes Prisma unmittelbar zwei der drei Hauptbrechungsq tienten. Gewöhnlich sind zwei solcher Prismen aus demselben Krysta so geschliffen worden, dass dieselben, also ein einziger Krystall, alle d Exponenten, und einen davon zweimal, lieferte.

Die geschnittenen Platten und Prismen sind, so oft es möglich w ohne Deckgläser angewandt worden; die mittelst des Apparates erhalte Politur war gewöhnlich genügend, um vortreffliche directe Beobachtung zu gestatten. In den Fällen der stark gefärbten und folglich absorbirend *Ni*- und *Co*-Salze, der schnell verwitternden *Cd*-Salze, und gelegentlich l einigen der *Cu*-Salze, ist es nothwendig gefunden worden, dünne, klei mit einer Lösung harten Balsams in Benzol gekittete, Deckgläser an wenden. Irgend ein kleiner hierdurch entstandener Irrthum ist aber jede falls durch die grosse Zahl der ausgeführten Beobachtungen eliminirt, u in allen Fällen, in denen es den kleinsten Zweifel gab, wurden die Dec gläser abgenommen, wieder gekittet und die Beobachtungen wiederholt.

Die sämmtlichen Beobachtungen des optischen Axenwinkels und der Brechungsexponenten sind für mehrere Wellenlängen ausgeführt worden, und zwar im ersteren Falle für fünf, im letzteren für sechs. Stets wurde der neue monochromatische Beleuchtungsapparat angewandt, mit dem Sauerstoff-Leuchtgas-Kalklicht als Lichtquelle, um die Anwendung eines Spaltes von möglichst geringer Breite und folglich einen Monochromatismus sehr hoher Ordnung zu erzielen.

Wülfing (Min. u. petr. Mitth. 1895, **15**, 49) hat in der letzten Zeit einen etwas ähnlichen, spectroskopischen, monochromatischen Beleuchter beschrieben, jedoch von billigerer Construction, und kritisirt die Benutzung eines Mattglas-Diffusionsschirmes seitens des Verfs., zur Erzielung gleicher Lichtintensität im Gesichtsfelde, wegen der damit verbundenen Schwächung der Lichtstärke. Anstatt dessen stellt er das Beobachtungsinstrument, z. B. den Axenwinkelapparat, in eine solche Entfernung von dem Ausgangsspalt, dass das aus dem letzteren ausstrahlende monochromatische Lichtbündel, wenn es das Polariskop-Objectiv erreicht, denselben Durchmesser wie letzteres erlangt hat, also das Objectiv mit parallelen Strahlen ausfüllt. Der Verf. hat bereits vor dem Erscheinen seiner Mittheilung diese Methode geprüft, aber wieder verlassen, weil die Beleuchtung zwar etwas stärker ist, das Verfahren jedoch bei weitem nicht so befriedigende Resultate ergiebt, als die Verwendung der matten Glastafel; denn wenn das Auge nicht genau in der einzigen bequemen Stellung vor dem Polariskope verharrt, wird die Beleuchtung des Gesichtsfeldes sehr ungleich, indem am Rande dunkle Schatten erscheinen, welche sehr störend für die Beobachtungen der Interferenzbilder sind, ja zuweilen verschwindet sogar die Beleuchtung vollständig. Ohne Zweifel könnte man, um dies zu vermeiden, eine Kappe mit centrischem Loche anwenden, aber die Gleichmässigkeit der Beleuchtung ist so ausgezeichnet, wenn man die matte Glastafel gebraucht, und bleibt es, wie man auch das Auge bewege, so dass Verf. seine Methode bei weitem vorzieht. Ausserdem wird die ganze Oeffnung des Nicols benutzbar, und die Interferenzbilder sind klar und absolut beständig. Was die Schwächung des Lichtes betrifft, so hängt diese hauptsächlich von der Textur der Diffusionstafel ab. Wie in seiner Mittheilung beschrieben worden ist, braucht Verf. zwei Schirme: der eine ist so fein geschliffen, dass man hinter ihn gestellte Gegenstände etwas schwach sehen kann; dieser wird für Refractionsuntersuchungen mit den Fuess'schen Goniometern Nr. 1a und 2a gebraucht und liefert vortreffliche ebene Bilder des Websky'schen Spaltes. Der andere ist nur ein wenig gröber, als die feinsten photographischen Cameraschirme; dieser wird für die Messungen des optischen Axenwinkels gebraucht, und hierzu ist die Diffusion des Lichtes gerade genügend und auch nicht stärker als nöthig, um das Polariskopfeld auszufüllen. Die Intensität der Beleuchtung ist nur wenig geringer, als

eine Linse angewandt wird, und ein Unterschied ist gar nicht zu bemerke wenn man Kalklicht oder elektrisches Bogenlicht gebraucht, von den Verf. stets das eine oder das andere anwendete, um mit dem feinsten Sp arbeiten zu können und folglich den vollkommensten Monochromatismus erreichen. Der genannte Apparat hat sich während des ganzen Gang dieser Arbeit vortrefflich bewährt, und namentlich als unschätzbar im Fal des *CsMg*-Sulfates, welches so ausserordentliche Interferenzphänomei zeigte.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoids. Die Bestin mungen der Auslöschungsrichtungen in der Symmetrieebene sind mit Hil eines neuen Fuess'schen Stauroskopes mit Calderon'scher Doppelplat ausgeführt worden, und zwar mit einer Genauigkeit von 5'. Für die parall der Symmetrieebene geschnittenen Platten wurden stets gut ausgebilde Krystalle verwendet, so dass die am Rande stehen gelassenen Flächenthei gut definirte Signalbilder lieferten. Gewöhnlich wurde die Basis $c\{001\}$ a Bezugsfläche genommen, um die Stellung des Schnittes nach dem Aufkitt auf die für diesen Zweck beigegebene rechtwinklige Glasplatte zu bestin men, und zwar wurde die genannte Fläche so genau wie möglich parall der markirten Kante der Glasplatte gemacht. Der kleine Correctionswink wurde mit Hilfe des vortrefflichen Goniometers des Schleifapparates g messen, sobald die zum Kitten benutzte Balsamlösung fest genug geword war. Die Beobachtungen wurden einmal vor, das andere Mal nach de Umwenden der Platte ausgeführt, um den Fehler der Coincidenz zwisch der Richtung des Nicols und dem Nullpunkte des Kreises zu eliminire Die Dispersion der Mittellinie ist in der ganzen Reihe sehr gering, kau grösser als der Fehler bei der Bestimmung des Auslöschungswinkels. I war also hinreichend, die Bestimmungen für *Na*-Licht auszuführen.

Die Orientirungen sind in Bezug auf die morphologischen Axen a u c angegeben, sowie zur leichteren Vergleichung mit den Angaben ander Autoren in Bezug auf die Normalen der Basis $c\{001\}$ und des Orthopin koids $a\{100\}$.

Winkel der optischen Axen. Die Schnittplatten für die Messu der Axenwinkel mussten 1 bis 2 mm dick sein und bei den meisten d Cäsiumsalze noch dicker, der sehr schwachen Doppelbrechung wegen. D Messungen sind mit Hilfe des vortrefflichen Fuess'schen grossen Axe winkelapparates ausgeführt worden. Bei den Messungen von $2H_a$ und $2I$ wurde gewöhnlich Monobromnaphthalin gebraucht. Die Plattenpaare sen recht zur ersten resp. zweiten Mittellinie, welche zur Berechnung des wa ren Winkels $2V_a$ dienten, sind mit 1 und 1a, 2 und 2a, 3 und 3a bezeic net. Die beiden Reihen von Messungen mit jedem Paare sind unmittelb nach einander in derselben Flüssigkeitszelle ausgeführt worden, um je

Veränderung der Refraction der Flüssigkeit während der Zwischenzeit zu vermeiden.

Der Sinn der Dispersion, wie ihn die berechneten Werthe von $2V_a$ ergaben, wurde stets noch controlirt durch Beobachtung der Interferenzbilder in weissem Lichte und directe Messung in monochromatischem Lichte, wobei die zur ersten Mittellinie senkrechte Platte in eine Flüssigkeit eingetaucht wurde, deren Brechungsexponent approximativ derselbe war, wie der Mittelwerth der Brechungsexponenten des Krystalles. Es wurde also auf diese Weise der approximative wahre Axenwinkel beobachtet, und derartige Prüfungen sind hier von beträchtlichem Werthe, da die Dispersion der Axen für verschiedene Wellenlängen des Lichtes in dieser Reihe häufig so gering ist, dass sie fast mit dem möglichen Fehler bei der Berechnung des wahren Winkels aus den Beobachtungen in Monobromnaphthalin zusammenfällt.

Dispersion der Mittellinien. Das Stauroskop liefert keine zuverlässige Methode, um so geringe Dispersionen zu bestimmen, wie sie in dieser Reihe vorkommen. Dieselben sind daher in allen Fällen, wie die Dispersion der Axen, durch Beobachtungen in weissem Lichte und durch Messungen in monochromatischem Lichte bestimmt worden, während die Platte in eine Flüssigkeit eingetaucht war, deren Brechungsexponent beinahe derselbe war, wie der Mittelwerth des Brechungsexponenten des Krystalles, oder unmittelbar nach einander in zwei Flüssigkeiten, deren Exponenten nur ein wenig höher resp. niedriger waren. Die Orientirung der Platten in Bezug auf die am Rande derselben gelassenen Flächen wurde zuerst sorgfältig studirt; der Schleifapparat operirte so glatt, dass diese Flächen nur selten beschädigt waren. Die Messungen am Kreise wurden vorgenommen jedesmal, wenn eine Hyperbel für eine der äussersten Wellenlängen sich im Fadenkreuze befand, und so die Dispersion jeder Axe bestimmt. Daraus erhielt man die Stellung der Mittellinie für diese Wellenlängen und mit Hilfe der Kenntniss der Stellung der Krystallflächen also die wirkliche Dispersion im Krystalle. Grosse Vorsicht erfordert die Wahl der Flüssigkeiten in solchen Fällen sehr geringer Dispersion, welche selten 10′—15′ zwischen Roth und Blau überschritt; denn es kommt dann häufig vor, dass die Resultate der Beobachtungen in zwei solchen Flüssigkeiten von nur wenig verschiedenem Refractionsvermögen beträchtlich verschieden sind. Dieses war aber hauptsächlich der Fall in Bezug auf die Dispersion der beiden Axen; die Dispersion der Mittellinien ergiebt sich gewöhnlich in den beiden Flüssigkeiten gleich.

Brechungsexponenten. Die Brechungsexponenten sind mit Hilfe eines neuen, mit allen neuesten Verbesserungen versehenen grossen Fuess'schen Goniometers (Nr. 1a) ausgeführt worden. Der monochromatische Beleuchter kann dazu sehr bequem verwendet werden. Es wurden

immer zwei Reihen von Beobachtungen der Minimalablenkung ausgefüh indem das Licht nach einander auf jede der beiden Prismenflächen fall gelassen wurde; die Mittelwerthe sind als wahre Ablenkungen angenomm worden. Die Ablesungen für die beiden Reihen wichen selten mehr als von einander ab.

Die Angaben unter »Natur des Lichtes« in den Tabellen sind wie fol zu verstehen. *Li* repräsentirt Licht von der Wellenlänge der rothen Lithiu linie aus dem monochromatischen Beleuchter, *C* dasselbe von der Welle länge der H_α-Wasserstofflinie, *Na* das der Natrium-*D*-Linie, *Tl* das d grünen Thalliumlinie, *F* dasjenige der grünlichblauen H_β-Wasserstofflini endlich *G* das von der Wellenlänge der violetten Wasserstofflinie H_γ der Nähe der Fraunhofer'schen Linie *G*.

Für den mittleren Brechungsexponenten β jedes Salzes wurde für je Wellenlänge ein allgemeiner Werth, auf den leeren Raum reducirt, b rechnet. Die Mittel der beobachteten Werthe dieses Exponenten für C *Na*- und *Tl*-Licht, auf das Vacuum durch Hinzufügung von 0,0004 corrigi wurden in allen Fällen zur Berechnung der Formeln angewandt. Die entsprechen den beobachteten Werthen (+ 0,0004) genau bis zu *F*; u auch die Werthe *G* ganz genau wiederzugeben, würde ein anderer Au druck nothwendig sein, dessen Anwendung aber wegen seiner Complici heit kaum verlohnen würde.

Die Axenverhältnisse des optischen Ellipsoids. Die relativ Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Lichtschwingungen parallel den dr Axen des optischen Ellipsoides wurden für jedes Salz berechnet, wie b den einfachen Alkalisulfaten, indem das Verhältniss der reciproken Wert der drei Exponenten für irgend eine Wellenlänge, gewöhnlich *Na*-Lich berechnet wurde. Im Falle der rhombischen einfachen Sulfate ist die Or nung der morphologischen Axen befolgt worden, da diese Axen mit den des optischen Ellipsoides identisch sind; bei dem vorliegenden Falle d monoklinen Doppelsulfate ist nur eine der letzteren mit einer morpholog schen Axe identisch, nämlich die mittlere Axe $\mathfrak{b}$ mit der Symmetrieaxe Die beiden anderen Axen folgen nur der Regel, dass sie in der Symmetri ebene und zu einander senkrecht liegen; ihre Beziehungen zu den in dies Ebene liegenden morphologischen Axen variiren für jedes Salz. Das es ab von Interesse war, diese Verhältnisse für die verschiedenen Salze zu ve gleichen, so sind sie berechnet worden, und zwar in der Reihenfolg $\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c}$ (wo $\mathfrak{a} > \mathfrak{b} > \mathfrak{c}$). Die Lichtschwingungen parallel $\mathfrak{a}$ liefern d kleinsten Exponenten α, und diejenigen parallel $\mathfrak{c}$ geben γ. Der Werth $\mathfrak{b}$ i als Einheit genommen worden, daher

$$\frac{\mathfrak{a}}{\mathfrak{b}} = \frac{\beta}{\alpha} \quad \text{und} \quad \frac{\mathfrak{c}}{\mathfrak{b}} = \frac{\beta}{\gamma}.$$

Man wird bemerken, dass der Ausdruck »optische Elasticität« in dieser Mittheilung keinen Platz findet. Der wichtigen Verallgemeinerung von Fletcher (s. diese Zeitschr. 22, 554), nach welcher man die sämmtlichen optischen Eigenschaften der Krystalle durch Beziehung auf die geometrischen Eigenschaften einer einzigen Oberfläche, im Allgemeinen eines Ellipsoides, der »optischen Indicatrix«, vollständig ausdrücken kann, verdankt man es, dass es jetzt ganz unnöthig ist, Ausdrücke anzuwenden, welche sich auf besondere Ansichten der Undulationstheorie beziehen. Der Ausdruck »optische Elasticitätsaxen«, welcher in der Mittheilung über die normalen Sulfate gebraucht worden ist, ist jetzt durch den Ausdruck »Axen des optischen Ellipsoids« ersetzt.

Das in dieser Mittheilung angewandte optische Geschwindigkeitsellipsoid, dessen Axen die reciproken Werthe der Brechungsexponenten sind, ist das polare Reciproke der optischen Indicatrix; die Grössen der Axen der beiden Ellipsoide sind umgekehrt, die maximale Axe des Velocitätsellipsoides ist die minimale Axe der Indicatrix, und vice versa. Was die Axen des Velocitätsellipsoides betrifft, so beziehen sich die entsprechenden Geschwindigkeiten nicht auf die Fortpflanzung, sondern auf die Schwingungen des Lichtes längs dieser Richtungen.

Molekulare optische Constanten. Diese Constanten sind mit Hilfe der Formel von Lorenz resp. Gladstone und Dale für jedes Salz berechnet worden aus den Daten, welche von den Brechungsexponenten und den specifischen Gewichten geliefert wurden. Wie im Falle der Axenverhältnisse des optischen Ellipsoides, sind die Richtungen innerhalb des Krystalles in der ganzen Reihe nur genau dieselben bei den Werthen für die Axe $\mathfrak{b}$, welche mit der Symmetrieaxe b identisch ist.

Beobachtungen des Winkels der optischen Axen und der Refraction bei höheren Temperaturen. Natürlich kann man diese wasserhaltigen Salze nicht bis 100° erhitzen, ohne dass mehr oder weniger Entwässerung eintritt; die meisten aber widerstehen einer Temperatur von 70° genügend lange Zeit, ehe sie ganz undurchsichtig werden, um Messungen des scheinbaren Axenwinkels in Luft oder der Brechungsexponenten zu liefern. Der Heizapparat, mit welchem die Beobachtungen des Axenwinkels ausgeführt worden sind, war der zu dem Fuess'schen grossen Axenwinkelapparate gehörige, und für die Brechungsexponenten die neueste verbesserte, dem Goniometer Nr. 1a beigegebene Vorrichtung, welche von Fuess im N. Jahrb. für Min. (1890, 1, 161, s. diese Zeitschr. 21, 153) beschrieben worden ist. Es war nicht möglich, die ganze Reihe von Salzen auf ihre Refraction bei höherer Temperatur mittelst ungedeckter Prismen zu untersuche… …itterung der geschliffenen Flächen. In den meisten F… …eit durch die Anwendung von Prismen … …unden worden; sobald die

höhere Temperatur constant erhalten worden war, wurde eine Reihe abwechselnder Beobachtungen der Minimalablenkung für Na-Licht und des Prismenwinkels ausgeführt. Gewöhnlich war es möglich, wenigstens zwei Paare constanter Ablesungen zu erhalten, ehe die Undurchsichtigkeit eintrat.

Zufriedenstellende Analysen aller der für den Zweck dieser Untersuchung angewandten Salze sind in der vorhergehenden, die Morphologie betreffenden Mittheilung gegeben worden.

Magnesiumsalze.

Schwefelsaures Kalium-Magnesium, $K_2Mg(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit. Nach dem Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ sehr vollkommen, wie von Topsöe und Christiansen beobachtet worden ist. Die gespaltenen Oberflächen liefern scharfe einfache Signalbilder, deren Winkelabstand von dem Bilde, welches von der an dem Krystallstücke gelassenen r'-Fläche reflectirt wird, stets genau 180° betrug.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen sind mit verschiedenen Krystallisationen ausgeführt worden, zwei ganz verschiedenen Präparaten angehörig. Jeder angewandte Krystall wurde vorsichtig mit einer Lupe geprüft, um der Abwesenheit des schwer löslichen schwefelsauren Kaliums sicher zu sein.

Angewandte Menge des Salzes:		Spec. Gew. bei 20°/4°
3,3397 g		2,0274
2,8918		2,0272
4,2998		2,0279
1,8775		2,0282
	Mittel	2,0277

Joule und Playfair haben 2,053 erhalten. Perrot erhielt Werthe welche von 2,018 bis 2,075 variirten, im Mittel 2,04.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{402}{2,028} = 198,23.$

Topische Axenverhältnisse. Es ist früher gezeigt worden, dass der morphologische Axenwinkel $\beta = 75^0\,12'$ und

$$a : b : c = 0,7413 : 1 : 0,4993.$$

Wenn man diese mit dem Molekularvolum in der früher beschriebenen Weise verbindet, erhält man die topischen Axenverhältnisse

$$\chi : \psi : \omega = 6,0881 : 8,2128 : 4,1006.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoids. Die Ebene der optischen Axen ist die Symmetrieebene $b\{010\}$, wie es überhaupt in der ganzen Reihe der Fall ist.

Die Auslöschungsrichtungen in der Symmetrieebene wurden mit Hilfe zweier Schnittplatten parallel $b\{010\}$ bestimmt; eine derselben bildet 1° 5′ resp. 1° 15′ (Mittel 1° 10′) mit der Normalen zu $c\{001\}$ und zwar nach der Seite der Verticalaxe c des Krystalles hin, wie es in Fig. 1 dargestellt ist.

Fig. 1.

Murmann und Rotter gaben 1° 0′. Diese Richtung ist die zweite Mittellinie. Die Doppelbrechung ist als positiv bestätigt worden.

Die Orientirung ist daher wie folgt:

die erste Mittellinie c ist 1° 10′ zur krystallographischen Axe a geneigt, und

die zweite Mittellinie a 13° 38′ zur Verticalaxe c. Beide liegen im stumpfen Axenwinkel ac.

Die erste Mittellinie bildet 88° 50′ mit der Normalen zu $c\{001\}$ und 13° 38′ mit der Normalen zu $a\{100\}$.

Murmann und Rotter geben 1° 0′, 13° 55′ und 89° 0′ für die entsprechenden Winkel, Topsöe und Christiansen 0° 30′, 14° 25′ und 89° 30′.

In Fig. 1 und den folgenden Figuren sind die Stellungen der optischen Axen durch Punkte auf dem Kreise angedeutet.

Winkel der optischen Axen. Drei Paare von Platten, genau senkrecht zur ersten resp. zweiten Mittellinie, wurden geschliffen. Die Dispersion ist sehr gering, aber deutlich zu bemerken, wenn man den monochromatischen Beleuchter benutzt.

Bestimmung des scheinbaren Axenwinkels des *KMg*-Sulfates in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel 2E
Li	72° 51′	72° 35′	72° 43′	72° 43′
C	72 52	72 36	72 44	72 44
Na	72 54	72 40	72 47	72 47
Tl	72 56	72 43	72 51	72 50
F	72 59	72 47	72 56	72 54

Bestimmung des wahren Axenwinkels des *KMg*-Sulfates.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1	42° 16′	1a	107° 52′	48° 5′	48° 0′
	2	42 13	2a	107 53	48 2	
	3	42 10	3a	108 10	47 54	
C	1	42 15	1a	107 50	48 4	47 59
	2	42 9	2a	107 40	48 1	
	3	42 5	3a	108 2	47 52	
Na	1	42 2	1a	107 20	48 0	47 54
	2	41 54	2a	107 4	47 56	
	3	41 51	3a	107 34	47 46	
Tl	1	41 46	1a	106 42	47 55	47 48
	2	41 38	2a	106 30	47 50	
	3	41 35	3a	107 0	47 39	
F	1	41 29	1a	106 0	47 50	47 40
	2	41 19	2a	105 50	47 43	
	3	41 15	3a	106 39	47 26	

Der wahre Winkel ist von Murmann und Rotter nicht unmittelbar bestimmt, sondern aus dem spitzen Winkel in Oel mit Hilfe des Brechungsexponenten β berechnet worden; der so erhaltene Werth war 48° 21′ für *Na*-Licht. Wie in der Mittheilung über die normalen Sulfate bewiesen worden ist, können solche berechneten Werthe keinesfalls so hohe Genauigkeit erreichen, wie directe Beobachtungen mittelst eines complementären Paares von Platten. Murmann und Rotter geben weiter an, dass der scheinbare Winkel für Roth kleiner ist als für Blau, ohne aber Messungen für die verschiedenen Farben mitzutheilen, und dass der wahre Winkel, wie durch die Beobachtungen in Oel angedeutet wurde, grösser für Roth als für Blau ist; dieses stimmt mit den oben gegebenen Resultaten vollkommen überein. Topsöe und Christiansen geben 47° 59′ als den Winkel für *Na*-Licht an.

Der Sinn der Dispersion der Axen wurde durch Beobachtungen in Terpentinöl bestätigt, dessen Brechungsexponent nur wenig grösser ist, als der Mittelwerth der Exponenten des Krystalles.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtung des Interferenzbildes einer zur ersten Mittellinie senkrechten Platte in Terpentinöl lieferte ein Mittel, die äusserst geringe Dispersion der Mittellinien zu bestimmen. Eine der Hyperbeln ist ungefärbt, wenn man weisses Licht anwendet, während die andere aussen blau und innen roth gesäumt ist, was mit einem

grösseren Winkel für Roth im Einklange steht. Im monochromatischen Lichte hat die erste Axe eine Dispersion von nur 3′ gezeigt, während die andere 18′ Abweichung der Axen für *C*- und *Tl*-Licht ergab. Die Mittellinien sind daher zwischen *Li* und *F* circa 10′ dispergirt, und wenn man die Orientirung des Krystalles nach den am Rande gelassenen Flächen in Rücksicht zieht, ergiebt sich, dass die für alle Farben nahe identische Axe diejenige ist, welche zwischen den Normalen zu *a*{100} und *r*{201} liegt, während die stärker dispergirte Axe diejenige ist, welche approximativ senkrecht auf *r′*{$\bar{2}$01} steht. Daher liegt die erste Mittellinie für Roth circa 10′ näher an der morphologischen Axe *a*, als diejenige für Blau. Dies stimmt mit der Beobachtung von Murmann und Rotter überein, welche jedoch keine Messungen des Betrages der Dispersion angeben.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den Winkel der optischen Axen. Der scheinbare Winkel in Luft wurde bei 80° mit der Platte 2 gemessen und ergab sich zu 75° 10′ für *Na*-Licht; die Dispersion bleibt ungefähr dieselbe. Also nimmt der scheinbare Axenwinkel in Luft circa 2½° für 60° Temperaturerhöhung zu.

Brechungsexponenten. Zu den Messungen dienten sechs Prismen, deren je zwei aus einem vollkommen durchsichtigen, gut ausgebildeten Krystalle geschliffen waren. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Bestimmungen der Brechungsexponenten des *KMg*-Sulfates.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 2 Prismen	Mittel	Topsöe und Christiansen
α Schwingungsrichtung parallel zur zweiten Mittellinie 𝔞	*Li*	1,4581	1,4581	1,4580	**1,4581**	—
	C	1,4585	1,4586	1,4585	**1,4585**	1,4582
	Na	1,4605	1,4607	1,4608	**1,4607**	1,4602
	Tl	1,4630	1,4631	1,4631	**1,4631**	—
	F	1,4655	1,4659	1,4659	**1,4658**	1,4649
	G	1,4698	—	1,4700	**1,4699**	—
β Schwingungsrichtung parallel Symmetrieaxe *b* 𝔟	*Li*	1,4602	1,4603	1,4604	**1,4603**	—
	C	1,4606	1,4609	1,4607	**1,4607**	1,4610
	Na	1,4628	1,4628	1,4631	**1,4629**	1,4633
	Tl	1,4652	1,4651	1,4653	**1,4652**	—
	F	1,4677	1,4679	1,4679	**1,4678**	1,4682
	G	1,4720	—	1,4720	**1,4720**	—
γ Schwingungsrichtung parallel zur ersten Mittellinie 𝔠	*Li*	1,4729	1,4725	1,4728	**1,4727**	—
	C	1,4733	1,4729	1,4731	**1,4731**	1,4743
	Na	1,4759	1,4752	1,4754	**1,4755**	1,4768
	Tl	1,4780	1,4775	1,4778	**1,4778**	—
	F	1,4810	1,4808	1,4811	**1,4810**	1,4827
	G	1,4853	—	1,4852	**1,4853**	—

Der mittlere Exponent β im Vacuum wird genau für irgend eine Wellenlänge bis zu F durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4508 + \frac{483\,699}{\lambda^2} - \frac{1\,727\,800\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Indices α werden sehr nahe durch dieselbe Formel dargestellt, wenn die Constante 1,4508 um 0,0022 vermindert wird, und die Indices γ, wenn sie um 0,0126 vermehrt wird. Die Thatsache, dass die erstere Differenz die kleinste ist, bestätigt die positive Natur der Doppelbrechung.

Murmann und Rotter geben für β die folgenden Werthe: roth 1,468, gelb 1,470, grün 1,474, blau 1,476. Diese Werthe sind viel zu hoch, und zwar sind sie höher, als diejenigen des Rubidiumsalzes, wie sie vom Verf. und auch von Perrot bestimmt sind, und es wird im Laufe dieser Mittheilung gezeigt werden, dass die Indices irgend eines Rubidiumsalzes der Reihe immer höher als diejenigen des entsprechenden Kaliumsalzes sind. Von den in der letzten Colonne der Tabelle gegebenen Werthen von Topsöe und Christiansen sind nur die Indices β direct bestimmt worden, und die indirect bestimmten Werthe α und γ stimmen schlecht mit den oben gegebenen, direct bestimmten Werthen überein.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Mehrere Beobachtungen sind mit drei der Prismen bei 70° ausgeführt worden. Wegen der Schnelligkeit, mit der die Verwitterung eintritt, wenn die Krystalle erwärmt werden, verschlechtern sich die gebrochenen Spaltbilder sehr schnell, so dass die Beobachtungen nicht so zuverlässig sind, wie bei gewöhnlicher Temperatur. Man kann daher die ganze Reihe von Werthen für die verschiedenen Wellenlängen kaum als beweisend für geringe Veränderungen der Dispersion annehmen; doch stimmen dieselben genügend überein, um anzudeuten, dass jeder Index um ungefähr 0,0019 (die Grenzen sind 0,0015—0,0022) erniedrigt wird durch eine Temperaturerhöhung von 50° (zwischen 20° und 70°).

Axenverhältnisse des optischen Geschwindigkeitsellipsoides. Diese sind wie folgt:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1{,}0015 : 1 : 0{,}9915.$$

Molekulare optische Constanten. Diese sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,1348	0,1353	0,1385
	G.	0,1377	0,1382	0,1415
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	54,18	54,40	55,66
	G.	55,34	55,55	56,88

Specifische Dispersion, $n_G - n_C$	0,0029	0,0029	0,0030
Molekulare Dispersion, $m_G - m_C$	1,16	1,15	1,22
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	*C* 90,97	91,40	93,86

Da die Refraction sich mit Steigerung der Temperatur vermindert, d. h. sich ähnlich verhält, wie das specifische Gewicht, so werden diese Werthe im Wesentlichen unverändert bleiben für alle Temperaturen, bei denen das Salz existenzfähig ist.

Schwefelsaures Rubidium-Magnesium, $Rb_2Mg(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit. Parallel $r'\{\bar{2}01\}$; stets lieferten die Spaltungsflächen scharf definirte Signalbilder, genau 180° von der entgegengesetzten natürlichen r'-Fläche entfernt.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Die folgenden vier Bestimmungen sind mit verschiedenen, zwei Präparaten angehörigen Krystallisationen ausgeführt worden.

Angewandte Menge des Salzes:	Spec. Gew. bei 20°/4°
3,5051 g	2,3773
3,4360	2,3841
4,2037	2,3818
4,3690	2,3856
Mittel	2,3822

Perrot hat 2,41 bei 15° erhalten; seine Grenzwerthe waren 2,377—2,438.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{494,4}{2,382} = 207,56.$

Topische Axenverhältnisse. Es ist früher gezeigt worden, dass der Axenwinkel $\beta = 74° 1'$ und

$$a : b : c = 0,7400 : 1 : 0,4975.$$

Wenn man diese mit dem Molekularvolum verbindet, erhält man

$$\chi : \psi : \omega = 6,1941 : 8,3705 : 4,1643.$$

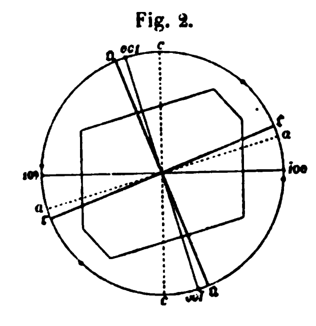
Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Die Auslöschungsrichtungen in der Symmetrieebene sind stauroskopisch mit drei

Platten bestimmt worden, welche genau parallel $b\{010\}$ geschliffen waren. Die Resultate, in Bezug auf die Normale zu $c\{001\}$ ausgedrückt, sind die folgenden:

Platte 1	5° 5′
- 2	5 20
- 3	5 20
Mittel	5° 15′

Fig. 2.



Perrot giebt den beträchtlich verschiedenen Winkelwerth 1° 30′. Die Richtung ist nach vorn geneigt, wie aus Fig. 2 zu ersehen. Diese Schwingungsrichtung ist die zweite Mittellinie, und diejenige dazu senkrecht in der Symmetrieebene ist die erste Mittellinie. Das Zeichen der Doppelbrechung ist positiv. Da der Axenwinkel *ac* 74° 1′, so ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen *a* und *c* und ist 5° 15′ zur Axe *a* geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Winkel *ac* und ist 21° 14′ zur Verticalaxe *c* geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 95° 15′ zur Normalen auf $c\{001\}$ und 21° 14′ zur Normalen auf $a\{100\}$ geneigt.

Winkel der optischen Axen. Die folgenden Resultate sind mit drei Paaren von Schnittplatten erhalten worden.

Bestimmung des scheinbaren Winkels des *RbMg*-Sulfates in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel $2E$
Li	75° 5′	75° 15′	75° 25′	**75° 15′**
C	75 0	75 10	75 20	**75 10**
Na	74 35	74 35	74 50	**74 40**
Tl	74 10	74 0	74 20	**74 10**
F	73 30	73 0	73 30	**73 20**

Perrot giebt 76° 40′ für den scheinbaren Winkel bei rothem Lichte.

Bei den Bestimmungen von $2H_a$ und $2H_o$ wurde Monobromnaphthalin als Eintauchungsflüssigkeit gebraucht.

. Bestimmung des wahren Winkels der optischen Axen des *RbMg*-Sulfates.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
	1	43° 20′	1a	108° 5′	49° 2′	
Li	2	43 20	2a	107 35	49 10	49° 6′
	3	43 15	3a	107 35	49 5	
	1	43 15	1a	108 0	48 58	
C	2	43 15	2a	107 30	49 6	49 2
	3	43 10	3a	107 30	49 2	
	1	42 50	1a	107 30	48 44	
Na	2	42 45	2a	107 10	48 43	48 46
	3	42 50	3a	107 5	48 50	
	1	42 24	1a	106 50	48 30	
Tl	2	42 25	2a	106 40	48 32	48 29
	3	42 15	3a	106 35	48 24	
	1	41 50	1a	106 0	48 10	
F	2	41 50	2a	106 0	48 10	48 10
	3	41 50	3a	106 0	48 10	

Perrot hat 50° 2′ für Gelblichroth mit einer Platte und 49°30′ für gelbes Licht mit einer anderen erhalten, mit Hilfe des mittleren Brechungsexponenten der Substanz.

Dispersion der Mittellinien. Diese ist wieder zu gering für genaue Bestimmung vermittelst des Stauroskops. Sie wurde bestimmt durch Beobachtung der von den Platten senkrecht zur ersten Mittellinie gelieferten Interferenzbilder in Terpentinöl, dessen Refraction beinahe gleich dem Mittelwerthe des Krystallexponenten ist. Die Thatsache, dass der Axenwinkel für Roth grösser ist, als derjenige für Blau, bestätigte sich; eine der Hyperbeln war ungefärbt, während die andere innen roth und aussen blau gesäumt war. Die Einstellungen für die ungefärbte Hyperbel bei *C*- und *Tl*-Licht waren identisch, während diejenigen für die andere 16′ von einander abwichen. Die erstere Axe war diejenige, welche beinahe normal zu $a\{100\}$ ist. Also liegt die erste Mittellinie näher der morphologischen Axe a für Blau als für Roth, und der Betrag der Dispersion ist ungefähr 20′ zwischen *Li* und *F*.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Es wurden mehrere Messungen bei 80° ausgeführt, aber die Veränderung ist so gering, dass sie innerhalb der Messungsfehler liegt.

Brechungsexponenten. Sechs Prismen sind angewandt worden. Drei sind aus demselben Krystalle geschliffen worden und gaben einen Werth von α, zwei von β und drei von γ. Die Resultate sind in der Tabelle angegeben.

Bestimmungen der Brechungsexponenten des *RbMg*-Sulfates.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 3 Prismen	Krystall 2, 1 Prisma	Krystall 3, 1 Prisma	Krystall 4, 1 Prisma	Mittel	Werthe von Perrot
α	*Li*	1,4648	—	1,4646	1,4645	**1,4646**	—
Schwingungs-	*C*	1,4654	—	1,4650	1,4649	**1,4650**	1,4648
richtung	*Na*	1,4672	—	1,4672	1,4671	**1,4672**	1,4670
parallel zur	*Tl*	1,4696	—	1,4695	1,4695	**1,4695**	—
zweiten	*F*	1,4723	—	1,4724	1,4725	**1,4724**	1,4721
Mittellinie a	*G*	1,4760	—	—	1,4764	**1,4762**	—
β	*Li*	1,4659	1,4666	1,4665	1,4664	**1,4664**	—
Schwingungs-	*C*	1,4664	1,4670	1,4669	1,4668	**1,4668**	1,4667
richtung	*Na*	1,4686	1,4689	1,4694	1,4688	**1,4689**	1,4690
parallel Sym-	*Tl*	1,4708	1,4716	1,4714	1,4712	**1,4713**	—
metrieaxe *b*	*F*	1,4739	1,4747	1,4743	1,4743	**1,4743**	1,4739
= b	*G*	1,4780	1,4785	—	1,4784	**1,4782**	—
γ	*Li*	1,4753	1,4758	—	—	**1,4755**	—
Schwingungs-	*C*	1,4757	1,4762	—	—	**1,4759**	1,4756
richtung	*Na*	1,4779	1,4780	—	—	**1,4779**	1,4782
parallel zur	*Tl*	1,4802	1,4808	—	—	**1,4805**	—
ersten Mittel-	*F*	1,4833	1,4837	—	—	**1,4835**	1,4833
linie c	*G*	1,4874	1,4878	—	—	**1,4876**	—

Der Exponent β, auf das Vacuum corrigirt, wird genau durch die folgende Formel für irgend eine Wellenlänge bis zu *F* ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4592 + \frac{318735}{\lambda^2} + \frac{1\,105\,200\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Exponenten α werden sehr nahe durch die Formel dargestellt, wenn man die Constante 1,4592 um 0,0018 vermindert, und die Exponenten γ, wenn man sie um 0,0091 vermehrt. Die geringe Grösse der ersteren Differenz bestätigt die positive Doppelbrechung.

Wie ersichtlich, stimmen die Perrot'schen Werthe gut mit denen des Verfs. überein.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Messungen bei 70° deuten an, dass die Exponenten um 0,0015 für eine Temperaturerhöhung von 50° erniedrigt werden; die Dispersion bleibt praktisch unverändert.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Diese sind:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0012 : 1 : 0,9939.$$

Molekulare optische Constanten. Diese sind in der folgenden Tabelle angegeben:

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	$C.$	0,1161	0,1165	0,1185
	$G.$	0,1185	0,1190	0,1210
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	$C.$	57,42	57,61	58,57
	$G.$	58,60	58,82	59,80
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0024	0,0025	0,0025
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,18	1,21	1,23
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	$C.$	96,60	96,97	98,86

Da die Refraction und Dichte bei Temperaturveränderung zusammen variiren, bleiben obige Werthe der molekularen optischen Constanten die gleichen für alle Temperaturen, bei denen das Salz existiren kann.

Schwefelsaures Cäsium-Magnesium, $Cs_2Mg(SO_4)_2.6H_2O$.

Unter den zahlreichen Krystallisationen dieses Salzes, welche für den Zweck der Volum- und optischen Untersuchung dargestellt worden sind, haben mehrere gut ausgebildete Flächen des Orthodomas $r\{\bar{2}01\}$—$2P\infty$ gezeigt, eine Form, welche in der früher gegebenen Beschreibung dieses Salzes nicht erwähnt ist (l. c. S. 499).

Spaltbarkeit. Parallel $r'\{\bar{2}01\}$ sehr vollkommen, durch goniometrische Messungen bestätigt.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Die folgenden Resultate sind mit verschiedenen Krystallisationen erhalten worden.

Angewandte Menge des Salzes:	Spec. Gew. bei 20°/4°
4,4357 g	2,6694
4,1772	2,6728
4,5400	2,6688
3,0734	2,6706
Mittel	**2,6704**

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{589,4}{2,67} = 220,75.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel β ist, wie früher gezeigt wurde, $72^{0}54'$, und

$$a : b : c = 0,7279 : 1 : 0,4946.$$

Wenn man diese mit dem Molekularvolum verbindet, erhält man

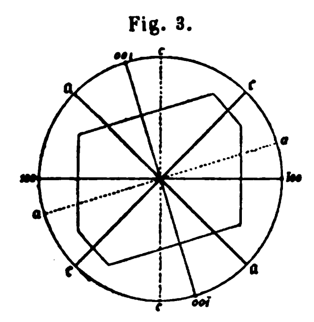
$$\chi : \psi : \omega = 6,2778 : 8,6246 : 4,2657.$$

Optische Eigenschaften.

Das schwefelsaure Cäsium-Magnesium besitzt besonders interessante optische Eigenschaften, nämlich eine Dispersion der Axen in gekreuzten Ebenen, verbunden mit höchster Empfindlichkeit des Axenwinkels gegen Veränderung der Temperatur oder der Wellenlänge des angewandten Lichtes, und zeigt auch ausserordentliche Refractionsphänomene. Es ist in diesen Beziehungen dem normalen Rubidiumsulfate sehr ähnlich (l. c. 46), und die Ursache hiervon wird im Laufe dieser Mittheilung als eine sehr interessante und wichtige dargethan werden.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Die Auslöschungsrichtungen in der Symmetrieebene sind mit zwei Platten parallel $b\{010\}$ bestimmt worden. Die eine derselben ist viel stärker nach vorn geneigt zur Normalen der Basis, als bei den Rubidium- und Kaliumsalzen (s. Fig. 3). Die beiden Platten ergaben $29^{0}40'$ resp. $29^{0}35'$ mit der Normalen zu $c\{001\}$. Der Mittelwerth $29^{0}37'$ ist als Auslöschungswinkel angenommen. Diese Richtung ist, wie gewöhnlich in dieser Reihe, die zweite Mittellinie, und die andere, senkrecht dazu in der Symmetrieebene, ist die erste Mittellinie. Dieses gilt aber, wie später gezeigt wird, nur für Licht bis zum Blau; für Strahlen jenseits dieses wird die Symmetrieaxe b die zweite Mittellinie. Für die Farben bis Blau kann man daher die Orientirung, wie in den vorhergehenden Fällen, ausdrücken. Die Doppelbrechung ist positiv. Der Axenwinkel ac ist früher zu $72^{0}54'$ angegeben worden, also ist die Orientirung wie folgt:

Fig. 3.



- die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen a und c und ist $29^{0}37'$ zur Axe a geneigt,
- die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Winkel ac und ist $46^{0}43'$ zur Verticalaxe c geneigt,
- die erste Mittellinie ist ferner $119^{0}37'$ zur Normalen zu $c\{001\}$ und $46^{0}43'$ zur Normalen zu $a\{100\}$ geneigt.

Winkel der optischen Axen. Platten senkrecht zur ersten Mittel-

linie müssen, wegen der äusserst geringen Doppelbrechung, sehr dick sein, um scharf definirte Interferenzbilder zu liefern; es wurden deren drei geschliffen von 2, 4½ resp. 5 mm Dicke; die letztere ist die geeignetste Dicke. Das von einer solchen Schnittplatte gelieferte Interferenzbild ist von demjenigen der entsprechenden Kalium- und Rubidiumsalze ganz verschieden und dem des normalen Rubidiumsulfates sehr ähnlich. Es zeigt eine grosse Dispersion der optischen Axen; die Hyperbeln bilden breite Spectrumbänder mit dunkler Mitte. Wenn man den monochromatischen Beleuchter anwendet, beobachtet man, dass die Hyperbeln für das äusserste Roth ungefähr 25° Abstand haben und sich einander mehr und mehr nähern, je kleiner die Wellenlänge wird, bis für eine Farbe im Blau zwischen *F* und *G* sie sich in dem Centrum des Gesichtsfeldes zu einem einaxigen Kreuze mit kreisförmigen Ringen vereinigen; weitere Verminderung der Wellenlänge verursacht, dass die Hyperbeln sich wieder trennen, aber in der zur vorigen senkrechten Ebene.

Die folgenden Messungen des scheinbaren Winkels in Luft sind erhalten worden.

Bestimmung des scheinbaren Winkels des *CsMg*-Sulfates in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel 2*E*	
Li	25°40′	25°30′	25°50′	25°40′	In der Symmetrieebene.
C	25 5	25 10	25 30	25 15	
Na	22 55	22 45	22 50	22 50	
Tl	19 0	19 20	19 10	19 10	
F	13 30	13 15	13 15	13 20	
Wellenl. 450	Identisch	Identisch	Identisch	Identisch	
G	12° 0′	13° 0′	14°30′	13°10′	In der Ebene senkrecht dazu.

Die Messungen für *G* sind ausgeführt worden, während die Platte von ihrer früheren Stellung um 90° in ihrer eigenen Ebene gedreht war. Die Bestimmung der Wellenlänge, für welche der Krystall einaxig war, wurde so vorgenommen, dass man die Ablesungen des Prismenkreises des monochromatischen Beleuchters für die Stellung des Zusammentreffens der optischen Axen nahm und die entsprechende Wellenlänge aus der dem Beleuchter angehörigen Curve entnahm, wie in der Mittheilung über den genannten Apparat (l. c.) beschrieben worden ist. Diese Prismenkreisablesung wurde stets doppelt vorgenommen, einmal in der Stellung der Platte für die Messungen in der Symmetrieebene, das andere Mal in der dazu senkrechten Stellung der Platte; dann wurde der Mittelwerth genom-

men, und da alle drei Mittelwerthe nur zwischen 446 und 454 variirten, so wurde 450 als die Wellenlänge für die Coincidenz gegeben.

Der Axenwinkel ist zu klein, um zu gestatten, den stumpfen Winke durch eine Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie zu beobachten, selbs nicht in Monobromnaphthalin. Daher ist, um den wahren Winkel zu bestimmen, dieselbe Methode gebraucht worden, welche im Falle des Rubidiumsulfates angewandt worden ist, nämlich die Beobachtung des scheinbarei Winkels, während die Platte in zwei Flüssigkeiten nach einander eingetaucht wurde, deren Brechungsexponenten beinahe, und ihre Mittelwerth genau, identisch mit dem Mittelwerthe der Krystallexponenten waren Solche Flüssigkeiten sind Terpentinöl ($n_D = 1,48$) und Toluol ($n_D = 1,491$)

Die Interferenzbilder in diesen Flüssigkeiten sind sehr schön bei eine 5 mm dicken Platte. Es wurden nur die Platten 2 und 3 angewandt, d die erste Platte nicht dick genug war und die Bilder folglich nicht so gu definirt erschienen.

Bestimmung des wahren Winkels der optischen Axen des *CsMg*-Sulfates durch Eintauchen in Terpentinöl und Toluol.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte:	In Terpentinöl:	In Toluol:	Mittel:	Mittelwerth von $2V_a$	
Li	2	18° 20′	18° 10′	18° 15′	18° 10′	In der Symmetrieebene
	3	18 20	17 50	18 5		
C	2	18 5	18 5	18 5	18 0	
	3	18 10	17 40	17 55		
Na	2	16 50	16 30	16 40	16 25	
	3	16 20	16 10	16 15		
Tl	2	14 50	14 30	14 40	14 20	
	3	14 20	13 50	14 5		
F	2	12 10	12 0	12 5	11 15	
	3	10 40	10 20	10 30		
Wellenlänge im Blau	2 und 3	Identisch	Identisch			
G	2	6° 20′	6° 40′	6° 30′	7 0	In der Ebene senkrecht dazu
	3	7 20	7 40	7 30		

Die Ablesungen des Prismenkreises für die Wellenlänge im Blau, fü welche die Axen mit der ersten Mittellinie zusammenfielen, waren wie folgt

	In Terpentinöl:	In Toluol:	Mittel:	Mittlere Ablesung des Prismenkreises für d. Identität der Axen:
Platte 2	6° 35′	6° 45′	6° 40′	6° 22′
- 3	6 10	6 0	6 5	

Die Ablesung 6° 22′ des Prismenkreises entspricht den durch den Ausgangsspalt des monochromatischen Beleuchters gegangenen Strahlen von der Wellenlänge 450, d. i. dieselbe, wie sie für das Eintreten des einaxigen Bildes in Luft gefunden wurde; für diese Wellenlänge sind also die Krystalle des schwefelsauren Cäsium-Magnesiums optisch einaxig.

Dispersion der Mittellinien. Die Differenzen zwischen den Ablesungen für jede Axe deuten an, dass die erste Mittellinie für *Li*-Licht ungefähr 20′ näher an der morphologischen Axe *a* gelegen ist, als für *F*-Licht. Die Dispersion jeder Axe ist natürlich für dieses Salz gross und am grössten für diejenige, welche der morphologischen Axe *a* am nächsten liegt.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Das optische Verhalten der Krystalle dieses Salzes, wenn man ihre Temperatur erhöht, ist besonders interessant. Die Platten 2 und 3 wurden erhitzt und die eintretenden Erscheinungen sorgfältig verfolgt. Sobald die Temperatur zu steigen beginnt, bewegen sich die Hyperbeln gegen einander; bei 50° (bei beiden Platten) trafen die Axen für *F*-Licht zusammen, um das einaxige Kreuz zu bilden; bei 70° entstand das Kreuz für *Tl*-Licht, während für *F*-Licht die Axen in der verticalen Ebene dispergirt waren, und für *Na*-Licht sie noch um 12° 40′, für *C*-Licht um 17° 5′ und für *Li*-Licht um 18° 0′ in der horizontalen Ebene getrennt waren; bei 85° trafen endlich die Axen für *Na*-Licht zusammen. Die werthvolle Platte 3, von 5 mm Dicke, wurde nicht höher erhitzt, sondern nur Platte 2; weiter bei 100° waren die Axen für *C*-Licht gekreuzt, und endlich bei 103° entstand das einaxige Kreuz für *Li*-Licht, und die Dispersion der Axen für die anderen Wellenlängen fand dann völlig in der verticalen Ebene statt. Während der kurzen Zeit des Versuches wurde die Platte nicht bemerkbar verändert. Beim Sinken der Temperatur wiederholten sich dieselben Phänomene in umgekehrter Ordnung; aber es wurde einige Tage nachher gefunden, dass die Trennung der Axen dauernd um 40′ vermindert worden war, und als die Platte wieder erhitzt wurde, trat die Einaxigkeit für die verschiedenen Farben bei etwas niedrigeren Temperaturen ein, als bei der ersten Erhitzung.

Brechungsexponenten. Die aussergewöhnlichen optischen Eigenschaften des *CsMg*-Sulfates, denjenigen des Rubidiumsulfates ähnlich, aber einen noch mehr extremen Fall darstellend, sind von einer ähnlichen Ursache bedingt, nämlich der so äusserst schwachen Doppelbrechung, dass zwei der Axen des optischen Ellipsoides beinahe identische Werthe besitzen. Da die Doppelbrechung positiv, und folglich $\mathfrak{c}$ die erste Mittellinie ist, ist es die maximale Axe $\mathfrak{a}$, welche beinahe identisch im Werthe mit $\mathfrak{b}$ ist. Ein Prisma, so geschliffen, dass es die Indices α und β liefert, entsprechend den Axen $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$, zeigt daher nur ein einziges gebrochenes Spaltbild,

welches, wie das entsprechende des Rubidiumsulfates, bei allen Stellunge des Nicols sichtbar blieb, da hier der Fall zweier sich überdeckenden Bi der, von denen eines bei 0° und das andere bei 90° auslöscht, vorlieg Als das gewöhnliche Ocular durch dasjenige ersetzt wurde, welches d stärkste Vergrösserung liefert, und der Spalt mit C-Licht beleuchtet wurd sah man deutlich zwei einander theilweise überdeckende Bilder mit eine Abstande von 1′, einer Differenz von 0,0002 im Brechungsexponenten en sprechend. Diese Differenz vermindert sich mit der Wellenlänge des a gewandten Lichtes, und für F-Licht wurden die beiden Bilder absolut ide tisch. Aus den Erscheinungen der optischen Axen geht hervor, dass i Licht zwischen F und G die Bilder einander decken müssen, während : für G-Licht wieder um ungefähr 1′ getrennt sein sollten. Unglücklich weise ist im G-Licht die Beleuchtung so schwach, dass es schwierig wi über einen so geringen Unterschied Gewissheit zu erlangen. Es wurd drei Prismen von der angegebenen Orientirung geschliffen und die Pł nomene mit allen dreien identisch gefunden. Zur Bestimmung von β un wurden drei weitere Prismen hergestellt.

Um die Unterschiede zwischen α und β in unzweideutiger Weise bestimmen, wurde der Werth von α berechnet aus den beobachteten W then von β (welche sechsmal von den verschiedenen Prismen gelief worden waren) und dem optischen Axenwinkel V mit Hilfe der gewöhnlich Formel. Solche Berechnungen liefern, wie im Falle des Rubidiumsulfa bewiesen worden ist, genaue Resultate. Wenn $\beta_{Li} = 1,4830$ und β_F 1,4912, so ist nach den Berechnungen $\alpha_{Li} = 1,48286$ und $\alpha_F = 1,491$ Also ist der Unterschied zwischen α und β 0,0001—0,0002 für Li-Lic und er vermindert sich, bis für F-Licht die beiden Indices praktisch id tisch sind. Für G-Licht wird der Unterschied zwischen α und β wie ungefähr 0,0001, aber die Schwingungsrichtungen sind umgekehrt.

Die Tabelle auf S. 137 stellt die Brechungsexponenten dar.

Der Exponent β, auf das Vacuum corrigirt, kann für irgend eine W lenlänge bis F durch die folgende Formel ausgedrückt werden:

$$\beta = 1,4706 + \frac{679\,587}{\lambda^2} - \frac{4\,793\,400\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Werthe von α werden durch die Formel wiedergegeben, wenn n die Constante 1,4706 um 0,0002 bis C und um 0,0001 zwischen C und vermindert; von da bis F sind sie mit β identisch. Die Werthe von γ w den erhalten, wenn man die Constante um 0,0058 vermehrt. Es ist ł also ein extremer Fall positiver Doppelbrechung, wobei die Indices α u β so nahe zusammen liegen, dass sie für besondere Wellenlängen in That identisch werden.

Bestimmung der Brechungsexponenten des *CsMg*-Sulfates.

Index	Schwing.-richtungen	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 1 Prisma	Krystall 3, 2 Prismen	Krystall 4, 1 Prisma	Mittel
α	Parallel der zweiten Mittellinie in der Symmetrie-ebene.	*Li*	1,4833	1,4827	1,4823	—	1,4828
		C	1,4837	1,4831	1,4827	—	1,4832
		Na	1,4861	1,4856	1,4853	—	1,4857
		Tl	1,4883	1,4879	1,4877	—	1,4880
		F	1,4916	1,4918	1,4906	—	1,4912
	Parallel Symmetrie-axe *b*, jetzt zweite Mittell.	*G*	1,4964	—	1,4950	1,4953	1,4956
β	Parallel Symmetrie-axe *b*	*Li*	1,4835	1,4829	1,4825	1,4830	1,4830
		C	1,4839	1,4833	1,4830	1,4834	1,4834
		Na	1,4862	1,4857	1,4854	1,4857	1,4858
		Tl	1,4885	1,4881	1,4879	1,4880	1,4881
		F	1,4917	1,4913	1,4906	1,4911	1,4912
	In der Symmetrieebene senkrecht zur ersten Mittell.	*G*	1,4962	—	1,4951	—	1,4957
γ	Parallel zur ersten Mittellinie c	*Li*	1,4889	—	1,4887	1,4888	1,4888
		C	1,4893	—	1,4892	1,4892	1,4892
		Na	1,4916	—	1,4916	1,4915	1,4916
		Tl	1,4942	—	1,4940	1,4938	1,4940
		F	1,4972	—	1,4970	1,4969	1,4970
		G	1,5020	—	—	1,5011	1,5015

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Messungen bei 70° zeigten, dass die Indices durch 50° Temperaturerhöhung ungefähr um 0,0016 erniedrigt werden. Die α und β liefernden Prismen zeigen bei 70°, wie aus dem Verhalten der optischen Axen bei dieser Temperatur zu erwarten war, nur ein einziges Spaltbild, auch bei Anwendung des am stärksten vergrössernden Oculars. Für Wellenlängen über diejenige der *Tl*-Linie hinaus liegen die Schwingungen von α parallel der Symmetrieaxe *b*, und die Schwingungen β in der Symmetrieebene.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides.

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0001 : 1 : 0,9961.$$

Die nahe Uebereinstimmung der Werthe für die beiden ersten Axen wird sehr klar durch diese Verhältnisse dargestellt.

Molekulare optische Constanten. Diese sind wie folgt:

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	*C.*	0,1071	0,1071	0,1082
	G.	0,1094	0,1094	0,1105

Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	63,11	63,15	63,78
	G.	64,49	64,50	65,14
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0023	0,0023	0,0023
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,38	1,35	1,36
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	C.	106,76	106,80	108,08

Diese Werthe werden unabhängig von der Temperatur sein, da die Refraction und die Dichte zusammen variiren.

Zinksalze.

Schwefelsaures Kalium-Zink, $K_2Zn(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Es wurden die folgenden vier Bestimmungen ausgeführt:

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
4,1195 g	2,2399
3,7180	2,2426
4,6208	2,2402
4,3405	2,2426
Mittel	2,2413

Perrot hat 2,245 für 16° erhalten, Joule und Playfair 2,24.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{443}{2,241} = 197,68.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel β ist früher 75° 12′ und

$$a : b : c = 0,7413 : 1 : 0,5044.$$

gefunden worden. Die Verbindung dieser mit dem Molekularvolum liefert die folgenden topischen Axenverhältnisse:

$$\chi : \psi : \omega = 6,0618 : 8,1773 : 4,1247.$$

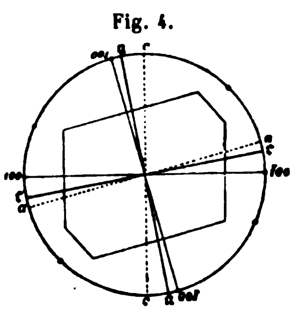
Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zwei Platten, parallel der Symmetrieebene geschliffen, haben die folgenden Auslöschungsrichtungen, bezogen auf die Normale zur Basis $c\{001\}$, gezeigt

(zwischen dieser Normalen und der verticalen Axe c, wie in Fig. 4 dargestellt ist):

Platte 1		4° 40′
- 2		4 20
	Mittel	4° 30′

Murmann und Rotter gaben 4° 43′.


Fig. 4.

Diese, zur Basis beinahe normale Axe des optischen Ellipsoides ist wieder die zweite Mittellinie, und da die Doppelbrechung positiv ist, so ist diese Axe $\mathfrak{a}$; die dazu senkrechte Auslöschungsrichtung in der Symmetrieebene ist $\mathfrak{c}$ und erste Mittellinie, die Symmetrieaxe b, ist wieder $\mathfrak{b}$. Da der Axenwinkel $ac = 75° 12'$, so ist die Orientirung der Axen wie folgt:

die erste Mittellinie $\mathfrak{c}$ liegt im stumpfen Winkel der Axen ac und ist 4° 30′ zur Axe a geneigt,

die zweite Mittellinie $\mathfrak{a}$ liegt ebenfalls im stumpfen Axenwinkel ac und ist 10° 18′ zur verticalen Axe c geneigt,

die erste Mittellinie ist 85° 30′ zur Normalen zu $c\{001\}$ und 10° 18′ zur Normalen zu $a\{100\}$ geneigt.

Optischer Axenwinkel. Die folgenden Messungen des scheinbaren Winkels in Luft sind mit drei vortrefflichen Platten senkrecht zur ersten Mittellinie ausgeführt.

Bestimmung des scheinbaren optischen Axenwinkels von KZn-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel $2E$
Li	112° 14′	112° 24′	112° 14′	112° 17′
C	112 16	112 26	112 16	112 19
Na	112 24	112 36	112 26	112 29
Tl	112 33	112 46	112 36	112 38
F	112 45	112 58	112 48	112 50

Der Winkel nach Murmann und Rotter ist 114° 14′ und nach Perrot 114°.

Bestimmung des wahren Axenwinkels von *KZn*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1	60° 11′	1a	95° 36′	68° 11′	68° 17′
	2	60 25	2a	95 46	68 18	
	3	60 26	3a	95 40	68 21	
C	1	60 9	1a	95 34	68 10	68 16
	2	60 22	2a	95 42	68 17	
	3	60 24	3a	95 39	68 20	
Na	1	59 54	1a	95 12	68 8	68 14
	2	60 7	2a	95 18	68 15	
	3	60 10	3a	95 18	68 18	
Tl	1	59 39	1a	94 47	68 6	68 12
	2	59 51	2a	94 53	68 13	
	3	59 51	3a	94 46	68 16	
F	1	59 21	1a	94 20	68 3	68 9
	2	59 30	2a	94 20	68 10	
	3	59 31	3a	94 16	68 13	

Als Eintauchungsflüssigkeit wurde Monobromnaphthalin gebraucht.

Um eine so geringe Dispersion sicher festzustellen, sind sehr genau Messungen, mit Platten von genügender Dicke (2—3 mm), um sehr klei Ringe und scharfe Hyperbeln zu erhalten, erforderlich. Eine sehr wertl volle Bestätigung des Sinnes der Dispersion in diesem Salze wurde dur Beobachtungen in Terpentinöl und Toluol geliefert, deren Brechungsindic nur wenig niedriger resp. höher, als der Mittelwerth der Indices des Kr stalles sind. In Toluol ist der Winkel für Roth unverkennbar grösser a für Blau, und zwar um ungefähr 20′; in Terpentinöl ist kaum irgend e Unterschied zu bemerken. Daher ist der wahre optische Axenwinkel jede falls am grössten für rothes Licht, und die in der Tabelle gegebene Di persionsordnung ist bestätigt.

Murmann und Rotter geben 69° 5′, ohne die Dispersion zu e wähnen.

Dispersion der Mittellinien. Die Mittelwerthe der genauen Me sungen in Toluol und Terpentinöl lassen erkennen, dass die erste Mittellir ein wenig näher zur morphologischen Axe *a* für Roth als für Blau liegt, u die optische Axe, welche sich im stumpfen Winkel *ac* befindet, beina identisch für alle Farben ist.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Platte 3 wurde auf 90° erhitzt, und Messungen von $2E$ vorgenommen; es ergab sich für *Na*-Licht 115° 12'. Also nimmt der Axenwinkel beinahe um 3° für 70° Temperaturerhöhung zu.

Brechungsexponenten. Die Resultate der Bestimmungen mit sechs Prismen, aus fünf verschiedenen Krystallen geschliffen, sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Bestimmungen der Brechungsexponenten von *KZn*-Sulfat.

Index	Natur des Licht.	Kryst. 1, 1 Prism.	Kryst. 2, 1 Prism.	Kryst. 3, 2 Prism.	Kryst. 4, 1 Prisma	Kryst. 5, 1 Prisma	Mittlerer Brech.-exponent	Werthe von Perrot
α	*Li*	1,4748	—	1,4750	1,4745	—	**1,4748**	—
Schwingungs-	*C*	1,4752	—	1,4754	1,4749	—	**1,4752**	1,4749
richtung	*Na*	1,4776	—	1,4777	1,4772	—	**1,4775**	1,4775
parallel der	*Tl*	1,4796	—	1,4801	1,4793	—	**1,4797**	—
zweiten	*F*	1,4826	—	1,4834	1,4819	—	**1,4826**	1,4826
Mittellinie *a*	*G*	—	—	1,4870	1,4862	—	**1,4866**	—
β	*Li*	1,4804	1,4805	1,4810	1,4802	1,4806	**1,4805**	—
Schwingungs-	*C*	1,4808	1,4809	1,4814	1,4806	1,4810	**1,4809**	1,4811
richtung	*Na*	1,4834	1,4832	1,4837	1,4829	1,4832	**1,4833**	1,4836
parallel Sym-	*Tl*	1,4858	1,4857	1,4861	1,4853	1,4858	**1,4857**	—
metrieaxe *b*	*F*	1,4892	1,4890	1,4894	1,4882	1,4886	**1,4889**	1,4888
b	*G*	—	—	1,4936	1,4924	1,4926	**1,4929**	—
γ	*Li*	—	1,4938	1,4939	—	1,4936	**1,4938**	—
Schwingungs-	*C*	—	1,4942	1,4944	—	1,4940	**1,4942**	1,4940
richtung	*Na*	—	1,4969	1,4972	—	1,4966	**1,4969**	1,4967
parallel der	*Tl*	—	1,4993	1,4996	—	1,4994	**1,4994**	—
ersten	*F*	—	1,5026	1,5031	—	1,5023	**1,5027**	1,5024
Mittellinie c	*G*	—	—	1,5072	—	1,5063	**1,5067**	—

Es ist befriedigend, zu bemerken, dass die Perrot'schen Werthe sehr gut mit denen des Verfs. übereinstimmen. Murmann und Rotter geben davon etwas verschiedene Zahlen, für *C*: α 1,476, β 1,480 und γ 1,489; von diesen ist der Werth γ besonders unrichtig.

Der mittlere Brechungsexponent, auf das Vacuum corrigirt, wird genau durch die folgende Formel für irgend eine Wellenlänge bis zu *F* ausgedrückt:

$$\beta = 1,4690 + \frac{609\,571}{\lambda^2} - \frac{3\,444\,700\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Da die Dispersion für die drei Exponenten etwas abweicht, so werden die Werthe α und γ nicht so nahe durch die Formel wiedergegeben, wenn man die Constante 1,4690 um einen bestimmten Betrag vermindert und vergrössert; sie sind aber im Durchschnitte um 0,0058 resp. 0,0136 niedriger resp. höher als die Werthe β. Die Thatsache, dass die letztere Differenz grösser ist, bestätigt das positive Zeichen der Doppelbrechung.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Aus Messungen bei 70°, mit zwei Prismen angestellt, geht hervor, dass die Indices um ungefähr 0,0018 für 50° Temperaturerhöhung vermindert werden.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die berechneten Werthe dieser Verhältnisse sind:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0039 : 1 : 0,9909.$$

Molekulare optische Constanten. Diese sind wie folgt:

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,1258	0,1271	0,1301
	G.	0,1283	0,1298	0,1328
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	55,72	56,29	57,61
	G.	56,86	57,48	58,84
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0025	0,0027	0,0027
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,14	1,19	1,23
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	C.	94,02	95,14	97,77

Da Temperaturerhöhung die Dichte und die Refraction in ähnlicher Weise berührt, werden die oben gegebenen Werthe praktisch von der Temperatur unabhängig.

Schwefelsaures Rubidium-Zink, $Rb_2Zn(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit. Parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Die folgenden vier Bestimmungen sind mit verschiedenen, an zwei ganz unabhängigen Präparaten angehörenden Krystallisationen erhalten worden.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
4,7593 g	2,5817
4,5051	2,5839
5,1428	2,5817
5,1740	2,5888
Mittel	2,5840

Perrot erhielt Werthe, welche von 2,573 bis 2,610 variirten und ein Mittel von 2,595 lieferten.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{535,4}{2,584} = 207,2.$

Topische Axenverhältnisse. Es ist früher gezeigt worden, dass $\beta = 74° 7'$ und

$$a : b : c = 0,7373 : 1 : 0,5011.$$

Die Verbindung mit dem Molekularvolum giebt die Werthe:

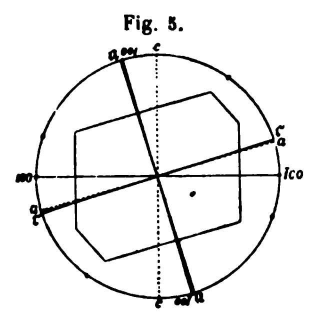
$$\chi : \psi : \omega = 6,1596 : 8,3543 : 4,1863.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Die Auslöschungsschiefe auf zwei Platten parallel der Symmetrieebene, bezogen auf die Normale zur Basis, war:

Platte 1		0° 40′
-	2	1 0
	Mittel	0° 50′

Fig. 5.



Die um diesen Winkel von der Normalen zu (001) nach vorn (s. Fig. 5) abweichende, also beinahe zur Basis $c\{001\}$ normale Schwingungsrichtung ist wieder die zweite Mittellinie, und die dazu senkrechte Axe in der Symmetrieebene die erste Mittellinie.

Die Doppelbrechung ist positiv, wie gewöhnlich in dieser Reihe. Da der Axenwinkel $ac = 74° 7'$, so ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen ac und ist 0° 50′ zur Axe a geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Axenwinkel ac und ist 16° 43′ zur Verticalaxe c geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 90° 50′ gegen die Normale zu $c\{001\}$ und 16° 43′ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Perrot giebt 90° 30′ als die Neigung der ersten Mittellinie zu {001}.

Winkel der optischen Axen. Drei vortreffliche Paare von Plat senkrecht zur ersten resp. zweiten Mittellinie wurden durch Schleifen h gestellt. Der Axenwinkel in Luft ist sehr gross, und genaue Messun kann man nur mit grossen und vollkommen durchsichtigen Krystallen halten. Folgendes sind die Resultate.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *RbZn*-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel 2E
Li	125° 44′	125° 34′	125° 36′	125° 38′
C	125 45	125 35	125 38	125 39
Na	125 50	125 42	125 45	125 46
Tl	125 55	125 50	125 53	125 53
F	126 5	126 0	126 5	126 3

Perrot giebt 128° für den Winkel im weissen Lichte.

Bestimmung des wahren Axenwinkels von *Rb Zn*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1	65° 12′	1a	91° 52′	73° 44′	73° 42′
	2	65 15	2a	92 1	73 42	
	3	65 8	3a	91 56	73 39	
C	1	65 7	1a	91 46	73 42	73 40
	2	65 11	2a	91 57	73 40	
	3	65 4	3a	91 50	73 38	
Na	1	64 38	1a	91 24	73 32	73 33
	2	64 46	2a	91 33	73 33	
	3	64 45	3a	91 29	73 34	
Tl	1	64 16	1a	91 1	73 24	73 27
	2	64 20	2a	91 5	73 26	
	3	64 25	3a	91 4	73 30	
F	1	63 42	1a	90 32	73 12	73 18
	2	63 45	2a	90 27	73 18	
	3	63 55	3a	90 30	73 24	

Als Eintauchungsflüssigkeit wurde Monobromnaphthalin angewan Perrot giebt 74°—75° für den Axenwinkel an.

Dispersion der Mittellinien. Beobachtungen in Toluol, dess Brechungsexponent identisch mit dem mittleren Index des Krystalles i

zeigten, dass die optische Axe, welche zwischen $a\{100\}$ und $r\{201\}$ liegt, beinahe identisch für alle Farben ist, während die andere Axe zwischen *Li* und *F* ungefähr um einen halben Grad dispergirt ist und für Roth weiter von der morphologischen Axe *a* liegt, als für Blau, ein Betrag, der mit demjenigen übereinstimmt, welcher in der Tabelle angegeben ist. Daher ist die erste Mittellinie zwischen *Li* und *F* ungefähr um 15′ dispergirt, und sie liegt für Blau näher der morphologischen Axe *a* als für Roth.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Platte 1 wurde auf 70° erhitzt, und der Winkel für *Na*-Licht 127° 0′ gefunden. Also nimmt der scheinbare Winkel in Luft ungefähr um $1\frac{1}{4}$° für 50° Temperaturerhöhung zu.

Brechungsexponenten. Die folgenden sind die von sechs Prismen gelieferten Resultate.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *RbZn*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 1 Prisma	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 2 Prismen	Krystall 4, 1 Prisma	Mittlerer Brech.-Exponent	Werthe von Perrot
α	*Li*	—	1,4805	1,4809	1,4808	**1,4807**	—
Schwingungs-	*C*	—	1,4809	1,4813	1,4812	**1,4811**	1,4806
richtung	*Na*	—	1,4831	1,4835	1,4834	**1,4833**	1,4833
parallel zur	*Tl*	—	1,4856	1,4859	1,4857	**1,4857**	—
zweiten	*F*	—	1,4884	1,4888	1,4887	**1,4886**	1,4883
Mittellinie a	*G*	—	1,4929	—	—	**1,4929**	—
β	*Li*	1,4855	1,4855	1,4858	1,4857	**1,4856**	—
Schwingungs-	*C*	1,4859	1,4860	1,4862	1,4859	**1,4860**	1,4859
richtung	*Na*	1,4882	1,4883	1,4888	1,4884	**1,4884**	1,4882
parallel Sym-	*Tl*	1,4906	1,4907	1,4910	1,4908	**1,4908**	—
metrieaxe *b*	*F*	1,4938	1,4936	1,4938	1,4940	**1,4938**	1,4942
= b	*G*	1,4981	1,4978	—	—	**1,4980**	—
γ	*Li*	1,4945	1,4948	1,4949	—	**1,4947**	—
Schwingungs-	*C*	1,4949	1,4952	1,4953	—	**1,4951**	1,4945
richtung	*Na*	1,4975	1,4976	1,4975	—	**1,4975**	1,4975
parallel zur	*Tl*	1,5000	1,5002	1,5002	—	**1,5001**	—
ersten Mittel-	*F*	1,5031	1,5034	1,5033	—	**1,5033**	1,5030
linie c	*G*	1,5078	1,5078	—	—	**1,5078**	—

Der mittlere Exponent *β*, für das Vacuum corrigirt, wird für irgend eine Wellenlänge *λ* bis zu *F* durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4742 + \frac{602\,511}{\lambda^2} - \frac{3\,323\,600\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Werthe von α werden sehr nahe reproducirt, wenn die Constante 1,4742 um 0,0051 vermindert wird, und die Exponenten γ, wenn sie um 0,0092 vergrössert wird. Da die erstere Differenz die kleinere ist, wird dadurch die positive Natur der Doppelbrechung bestätigt.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Die Indices wurden mit zwei Prismen bei 70° bestimmt und 0,0012 niedriger, als bei gewöhnlicher Temperatur, gefunden.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die aus den Brechungsexponenten berechneten Werthe sind wie folgt:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0034 : 1 : 0,9939.$$

Molekulare optische Constanten:

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,1102	0,1112	0,1130
	G.	0,1125	0,1135	0,1154
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	59,02	59,53	60,48
	G.	60,25	60,78	61,79
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0023	0,0023	0,0024
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,23	1,25	1,31
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	C.	99,77	100,78	102,67

Diese Werthe sind praktisch unabhängig von der Temperatur, da die Refraction mit Steigerung der Temperatur sich vermindert, und die Dichtigkeit eine ganz ähnliche Aenderung unter gleichen Umständen erfährt.

Schwefelsaures Cäsium-Zink, $Cs_2Zn(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit genau parallel $r'\{\bar{2}01\}$ und sehr vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Die folgenden vier Bestimmungen sind mit verschiedenen, zwei unabhängigen Präparaten angehörenden Krystallisationen ausgeführt worden.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
4,4625 g	2,8668
5,1008	2,8707
3,6943	2,8652
3,5480	2,8652
Mittel	2,8670

Perrot hat Werthe erhalten, welche von 2,826 bis 2,888 variiren, und nimmt 2,88 als das wahre specifische Gewicht an.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{630,4}{2,867} = 219,88.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel ac ist, wie früher gezeigt wurde, 72° 59′ und die Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,7274 : 1 : 0,4960.$$

Wenn man diese mit dem Molekularvolum verbindet, so erhält man ür die topischen Axen

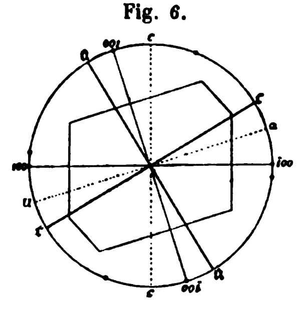
$$\chi : \psi : \omega = 6,2598 : 8,6058 : 4,2684.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Die Auslöschungswinkel auf zwei zur Symmetrieebene senkrecht geschliffenen Platten, bezogen auf die Normale zur Basis, waren:

Platte 1		12° 50′
- 2		13 40
	Mittel	13° 15′

Fig. 6.



Die gegen die Normale zu $c\{001\}$ etwas nach vorn (s. Fig. 6) geneigte Axe ist, wie gewöhnlich für die Reihe, die zweite Mittellinie, die andere in der Symmetrieebene liegende Axe ist die erste Mittellinie.

Die Doppelbrechung ist positiv. Da der Axenwinkel $ac = 72° 59′$, so ist die Orientirung wie folgt:

- die erste Mittellinie $\mathfrak{c}$ liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen ac und ist 13° 15′ zur Axe a geneigt,
- die zweite Mittellinie $\mathfrak{a}$ liegt im stumpfen Winkel ac und ist 30° 16′ zur Verticalaxe c geneigt,
- die erste Mittellinie ist ferner 103° 15′ gegen die Normale zu $c\{001\}$ und 30° 16′ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Perrot giebt 112° als die Neigung der ersten Mittellinie zu $\{001\}$, also einen viel grösseren als den vom Verf. gefundenen Winkel.

Winkel der optischen Axen. Die folgenden Messungen wurden an drei Paaren von Platten erhalten. Der Winkel in Luft ist so gross, dass nur zwei der Platten gute Messungen gestatteten.

Bestimmung des scheinbaren Winkels in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Mittel 2E
Li	131° 20′	131° 16′	131° 18′
C	131 10	131 10	131 10
Na	130 30	130 40	130 35
Tl	129 52	130 8	130 0
F	129 10	129 20	129 15

Bestimmung des wahren Axenwinkels von *CsZn*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1	66° 59′	1a	92° 45′	74° 38′	74° 30′
	2	66 42	2a	92 55	74 22	
	3	74 57	3a	106 14	74 31	
C	1	66 55	1a	92 43	74 36	74 27
	2	66 38	2a	92 52	74 20	
	3	74 51	3a	106 18	74 26	
Na	1	66 15	1a	92 24	74 16	74 11
	2	66 1	2a	92 32	74 2	
	3	74 37	3a	106 25	74 14	
Tl	1	65 37	1a	92 12	73 53	73 52
	2	65 33	2a	92 17	73 48	
	3	74 11	3a	106 38	73 54	
F	1	64 53	1a	91 55	73 28	73 31
	2	64 55	2a	91 50	73 32	
	3	73 50	3a	106 54	73 34	

Die beiden ersten Paare von Platten wurden in Monobromnaphthalin gemessen und das dritte Paar in Toluol; die Resultate bestätigen einander ganz gut. Perrot giebt 78° für den Winkel im weissen Lichte, welcher jedoch nicht direct bestimmt wurde.

Dispersion der Mittellinien. Beobachtungen in Benzol, dessen Index gleich dem Mittelwerthe der Krystallindices ist, zeigten, dass die Mittellinien bei diesem Salze keine bemerkbare Dispersion besitzen.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Der scheinbare Winkel in Luft wurde bei 70° mit der Platte 1 in *Na*-Licht bestimmt und 128° gefunden. Also nimmt $2E$ um ungefähr $2\frac{1}{2}$° für 50° Temperaturerhöhung ab.

Brechungsexponenten. Folgendes sind die Resultate der Messungen mit sechs Prismen, aus vier verschiedenen Krystallen geschliffen.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *CsZn*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 1 Prisma	Krystall 4, 1 Prisma	Mittlerer Brech.-Exponent	Werthe von Perrot
α	*Li*	1,4993	1,4989	1,4999	—	1,4994	—
Schwingungs-	*C*	1,4997	1.4993	1,5003	—	1,4998	1,4997
richtung	*Na*	1,5022	1,5019	1,5026	—	1,5022	1,5020
parallel zur	*Tl*	1,5046	1,5042	1,5053	—	1,5047	—
zweiten	*F*	1,5079	1,5076	1,5083	—	1,5079	1,5080
Mittellinie $\mathfrak{a}$	*G*	1,5127	1,5123	1,5124	—	1,5125	—
β	*Li*	1,5020	1,5016	—	1,5023	1,5020	—
Schwingungs-	*C*	1,5024	1,5020	—	1,5027	1,5024	1,5025
richtung	*Na*	1,5049	1,5045	—	1,5050	1,5048	1,5049
parallel Sym-	*Tl*	1,5073	1,5069	—	1,5076	1,5073	—
metrieaxe *b*	*F*	1,5105	1,5100	—	1,5107	1,5104	1,5107
$= \mathfrak{b}$	*G*	1,5154	1,5147	—	1,5158	1,5151	—
γ	*Li*	1,5063	1,5060	1,5068	1,5066	1,5064	—
Schwingungs-	*C*	1,5067	1,5064	1,5073	1,5070	1,5068	1,5070
richtung	*Na*	1,5092	1,5089	1,5098	1,5093	1,5093	1,5095
parallel zur	*Tl*	1,5118	1,5114	1,5124	1,5120	1,5119	—
ersten	*F*	1,5150	1,5147	1,5158	1,5153	1,5152	1,5154
Mittellinie $\mathfrak{c}$	*G*	1,5199	1,5195	1,5203	1,5198	1,5199	—

Der mittlere Exponent β, auf das Vacuum corrigirt, wird genau bis zu *F* für irgend eine Wellenlänge λ durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4914 + \frac{539\,594}{\lambda^2} - \frac{2\,103\,000\,000\,000}{\lambda^4} + \dots$$

Dieselbe Formel entspricht den Indices α, wenn man die Constante 1,4914 um 0,0026 vermindert, und den Werthen von γ, wenn man jene um 0,0045 vergrössert. Da die erstere Differenz die kleinere ist, wird dadurch die positive Natur der Doppelbrechung bestätigt.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Messungen mit zwei der Prismen bei 70° zeigten, dass die Indices für 50° Temperaturerhöhung um 0,0016 vermindert werden; die Grenzwerthe waren 0,0013 und 0,0018.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die Brechungsexponenten liefern die folgenden Verhältnisse:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1{,}0017 : 1 : 0{,}9970.$$

Molekulare optische Constante

Axe des optischen Ellipsoides

Specifische Refraction, $\dfrac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)d}$ =

Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2}\cdot\frac{M}{d}=\mathfrak{m}$	C.	64,69	64,98	65,46
	G.	66,08	66,36	66,88
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0022	0,0022	0,0023
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,39	1,38	1,42
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d}M$	C.	109,98	110,56	111,52

Diese Werthe sind unabhängig von der Temperatur, da die Refractio und die Dichte sich gleichzeitig mit Steigerung der Temperatur vermindern

Eisensalze.

Schwefelsaures Kalium-Eisenoxydul, $K_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen, wie von Topsöe und Christiansen angegeben.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Zu den folgenden vier Bestimmungen dien ten verschiedene, frisch umkrystallisirte Portionen; die Krystalle waren sämmtlich klar und ganz frei von Spuren der Oxydation oder Verwitterung

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20⁰/4⁰
3,3358 g	2,1707
2,8228	2,1724
3,7412	2,1664
3,2737	2,1680
Mittel	2,1694

Schiff gab 2,18 als die Dichte dieses Salzes an.

Molekularvolum. $\frac{M}{d}=\frac{434}{2,169}=200,09.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel ac ist früher 75° 2 gefunden worden und die Axenverhältnisse

$$a:b:c = 0,7377:1:0,5020.$$

Die Verbindung dieser Zahlen mit dem Molekularvolum liefert die fo genden Werthe für die topischen Axen:

$$\chi:\psi:\omega = 6,0739:8,2336:4,1332.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Die Au löschungsrichtung in der Symmetrieebene wurde an zwei Platten paral

$b\{010\}$ übereinstimmend 2° 35′ nach rückwärts gegen die Normale zur Basis $c\{001\}$ geneigt, wie in Fig. 7 dargestellt ist, gefunden.

Murmann und Rotter fanden 2° 46′, Topsöe und Christiansen 3° 44′.

Fig. 7.



Wie für diese Reihe gewöhnlich, ist diese Richtung die zweite Mittellinie; die erste Mittellinie ist die dazu senkrechte Richtung in der Symmetrieebene.

Die Doppelbrechung ist positiv. Da der Axenwinkel $ac = 75° 28'$, ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie c liegt im stumpfen Winkel ac und ist 2° 35′ zur Axe a geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt ebenfalls im stumpfen Axenwinkel ac und ist 11° 57′ zur Verticalaxe c geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 87° 25′ zur Normalen auf $c\{001\}$ und 11° 57′ zur Normalen auf $a\{100\}$ geneigt.

Winkel der optischen Axen. Drei vortreffliche Paare von Platten dienten zu den Messungen.

Bestimmungen des scheinbaren Winkels von *KFe*-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel $2E$
Li	109° 45′	109° 35′	109° 30′	109° 37′
C	109 50	109 40	109 34	109 41
Na	110 20	110 9	110 0	110 10
Tl	110 50	110 30	110 25	110 35
F	111 20	111 0	110 55	111 5

Murmann und Rotter geben für den scheinbaren Winkel bei *Na*-Licht 111° 56′.

Bestimmungen des wahren Winkels der optischen Axen von *KFe*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
	1	66° 34′	1a	111° 36′	67° 8′	
Li	2	67 45	2a	111 32	67 3	67° 1′
	3	66 16	3a	111 46	66 52	

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
C	1	66° 34′	1a	111° 34′	67° 9′	
	2	67 45	2a	114 30	67 4	67° 2′
	3	66 16	3a	111 44	66 53	
Na	1	66 37	1a	111 23	67 11	
	2	67 48	2a	114 24	67 8	67 7
	3	66 19	3a	111 33	66 58	
Tl	1	66 40	1a	111 12	67 20	
	2	67 51	2a	114 17	67 12	67 12
	3	66 22	3a	111 23	67 4	
F	1	66 44	1a	110 54	67 28	
	2	67 55	2a	114 7	67 18	67 19
	3	66 26	3a	111 6	67 12	

Die Eintauchungsflüssigkeit bei den Paaren 1 und 1a, 3 und 3a war Toluol, bei 2 und 2a Terpentinöl. Paar 3 und 3a wurden nochmals in Monobromnaphthalin gemessen; die daraus erhaltenen Werthe von $2V_a$ waren praktisch identisch mit denjenigen, welche von den Messungen in Toluol geliefert wurden. Murmann und Rotter fanden 68° 4′ für *Na*-Licht, Topsöe und Christiansen 67° 18′.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Toluol und Terpentinöl, deren Brechungsexponenten etwas höher, resp. niedriger, als der mittlere Exponent des Krystalles sind, zeigten, dass die erste Mittellinie für *Li*-Licht der morphologischen Axe *a* um 10′ näher liegt, als die für *F*-Licht. Beide Axen zeigen Dispersion, diejenige aber, welche im spitzen Axenwinkel *ac* liegt, nur sehr geringe, wie auch von Murmann und Rotter erwähnt worden ist.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Der scheinbare Winkel in Luft wurde bei 70° mit Platte 2 gemessen, und gefunden, dass derselbe ungefähr um 2° für diese 50° Temperaturerhöhung zunimmt.

Brechungsexponenten. Die folgenden Bestimmungen sind mit sechs, aus vier verschiedenen Krystallen geschliffenen Prismen erhalten worden.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *KFe*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 2 Prismen	Kryst. 3, 1 Prisma	Kryst. 4, 1 Prisma	Mittlerer Brech.-Exponent.	Werthe von Topsöe und Christiansen
α	*Li*	1,4729	1,4733	1,4732	—	1,4731	—
Schwingungs-	*C*	1,4732	1,4737	1,4736	—	1,4735	1,4751
richtung	*Na*	1,4757	1,4760	1,4760	—	1,4759	1,4775
parallel zur	*Tl*	1,4780	1,4782	1,4784	—	1,4782	—
zweiten	*F*	1,4810	1,4811	1,4812	—	1,4811	1,4833
Mittellinie a	*G*	1,4852	—	—	—	1,4852	—
β	*Li*	1,4792	1,4797	1,4796	1,4796	1,4795	—
Schwingungs-	*C*	1,4796	1,4800	1,4800	1,4800	1,4799	1,4806
richtung	*Na*	1,4820	1,4822	1,4823	1,4821	1,4821	1,4832
parallel Sym-	*Tl*	1,4845	1,4847	1,4851	1,4846	1,4847	—
metrieaxe *b*	*F*	1,4876	1,4878	1,4879	1,4877	1,4877	1,4890
= b	*G*	1,4917	—	—	1,4923	1,4920	—
γ	*Li*	1,4938	1,4943	—	1,4942	1,4941	—
Schwingungs-	*C*	1,4942	1,4946	—	1,4946	1,4945	1,4947
richtung	*Na*	1,4968	1,4970	—	1,4969	1,4969	1,4978
parallel zur	*Tl*	1,4993	1,4997	—	1,4996	1,4995	—
ersten	*F*	1,5025	1,5030	—	1,5030	1,5028	1,5041
Mittellinie c	*G*	1,5067	—	—	1,5075	1,5071	—

Murmann und Rotter geben die folgenden Werthe von β: für Roth 1,478, für Gelb 1,480, für Grün 1,484 und für Violett 1,489. Unter den Werthen von Topsöe und Christiansen wurden nur die von β direct bestimmt, und diese weichen beträchtlich von den soeben gegebenen ab.

Der mittlere Exponent β, auf das Vacuum corrigirt, wird für irgend eine Wellenlänge λ bis zu *F* von der folgenden Formel dargestellt:

$$\beta = 1,4728 + \frac{266\,439}{\lambda^2} + \frac{2\,437\,900\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Werthe von α werden ebenfalls gut von dieser Formel wiedergegeben, wenn man die Constante 1,4728 um 0,0064 vermindert, und die Werthe γ, wenn man sie um 0,0147 vergrössert. Die Thatsache, dass die erstere Differenz die geringere ist, bestätigt das positive Zeichen der Doppelbrechung.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Es wurde gefunden, dass die Prismen bei 70° schnell verwitterten, daher wurden die Beobachtungen auf 55° beschränkt. Bei dieser letzteren Temperatur waren die Indices ungefähr 0,0010 niedriger, als bei gewöhnlicher Temperatur.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die Indices führen auf die folgenden Verhältnisse:

$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1{,}0042 : 1 : 0{,}9901$.

Molekulare optische Constanten. Folgendes sind die berechnet Werthe dieser Constanten:

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,1296	0,1310	0,1344
	G.	0,1323	0,1339	0,1373
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	56,22	56,87	58,34
	G.	57,41	58,09	59,60
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0027	0,0029	0,0029
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,19	1,22	1,26
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	C.	94,82	96,10	99,03

Da die Refraction und die Dichte sich gleichzeitig vermindern l Steigerung der Temperatur, sind die obigen Werthe unabhängig von (letzteren.

Schwefelsaures Rubidium-Eisen, $Rb_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Die folgenden vier Bestimmungen wurc mit verschiedenen Krystallisationen ausgeführt:

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
4,3513 g	2,5150
3,9436	2,5202
3,4670	2,5123
3,4734	2,5146
Mittel	2,5155

Perrot giebt 2,51 für 15°.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{526{,}4}{2{,}516} = 209{,}22$.

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel ac ist früher 74° gefunden und

$a : b : c = 0{,}7377 : 1 : 0{,}5004$.

Die Verbindung mit dem Molekularvolum liefert die Verhältnisse:

$\chi : \psi : \omega = 6{,}1832 : 8{,}3817 : 4{,}1942$.

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Die A löschungsrichtungen in der Symmetrieebene liegen beinahe normal 1

parallel zur Basis $c\{001\}$. Zwei Platten, parallel $b\{010\}$ geschliffen, gaben die folgenden Auslöschungswinkel, bezogen auf die Normale zu $c\{001\}$, und zwar

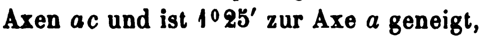
Platte 1	1°55′
- 2	0 55
Mittel	1°25′

nach vorwärts, wie in Fig. 8 angedeutet ist. Diese Axe ist wieder die zweite und die dazu senkrechte Richtung in der Symmetrieebene die erste Mittellinie.

Fig. 8.

Das Zeichen der Doppelbrechung ist positiv. Da der Axenwinkel $ac = 74°16'$, so ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen ac und ist 1°25′ zur Axe a geneigt,



die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Winkel ac und ist 17°9′ zur Verticalaxe c geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 91°25′ gegen die Normale zu $c\{001\}$ und 17°9′ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Perrot giebt 91°30′ als die Neigung der ersten Mittellinie zu $\{001\}$, was mit dem obigen Werthe gut übereinstimmt.

Winkel der optischen Axen. Die folgenden Messungen wurden mit drei Paaren von Platten erhalten.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *RbFe*-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel 2*E*
Li	125° 9′	124° 5′	124°51′	124°42′
C	125 16	124 12	124 58	124 49
Na	125 39	124 47	125 9	125 12
Tl	126 8	125 28	125 26	125 41
F	126 40	126 20	125 48	126 16

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von *RbFe*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten	Beobachtet	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1				27′	
	2				24	73°24′
	3					

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
	1	73° 3'	1a	105°50'	73°27'	
C	2	73 0	2a	105 56	73 23	73°23'
	3	64 44	3a	91 58	73 20	
	1	72 56	1a	105 41	73 26	
Na	2	72 53	2a	105 47	73 21	73 21
	3	64 30	3a	91 44	73 16	
	1	72 48	1a	105 32	73 24	
Tl	2	72 45	2a	105 40	73 19	73 18
	3	64 15	3a	91 30	73 11	
	1	72 35	1a	105 21	73 20	
F	2	72 32	2a	105 29	73 14	73 13
	3	64 0	3a	91 16	73 6	

Die Eintauchungsflüssigkeit war Toluol für die ersten zwei Paare v Platten und Monobromnaphthalin für das dritte Paar. Die Ordnung d Farben an den Rändern der Hyperbeln in Toluol bestätigt die in der Tabe gegebene Dispersionsordnung. Perrot giebt 73° 2' für *Na*-Licht, du die indirecte Methode bestimmt.

Dispersion der Mittellinien. Die Messungen in Toluol bewies dass die erste Mittellinie für blaues Licht näher der morphologischen Ax als die für rothes Licht liegt; der Betrag der Dispersion zwischen *Li* u *F* ist ungefähr 10'.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optisch Axenwinkel. Eine der Platten senkrecht zur ersten Mittellinie wu bei 70° in Luft untersucht, und der Winkel für *Na*-Licht 126° 0' gefund Also nimmt der Winkel ungefähr 1° für 50° Temperaturerhöhung zu.

Brechungsexponenten. Sechs Prismen wurden aus fünf versch denen Krystallen geschliffen. Die Resultate sind in der Tabelle auf S. angegeben.

Der Exponent β im Vacuum ist genau für irgend eine Wellenlän bis zu *F* durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1,4747 + \frac{508\,396}{\lambda^2} - \frac{1\,863\,100\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Indices α werden reproducirt, wenn man die Constante 1,4 um 0,0059 vermindert, und die Werthe γ, wenn man jene um 0,0103 v grössert. Die positive Natur der Doppelbrechung ist wieder durch Thatsache bestätigt, dass die erstere Differenz die kleinere ist.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *RbFe*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Kryst. 1, 1 Prism.	Kryst. 2, 1 Prism.	Kryst. 3, 2 Prism.	Kryst. 4, 1 Prisma	Kryst. 5, 1 Prisma	Mittlerer Brech.-exponent	Werthe von Perrot
α	*Li*	1,4792	1,4788	1,4795	1,4787	—	1,4789	—
Schwingungs-	*C*	1,4795	1,4786	1,4799	1,4790	—	1,4793	1,4791
richtung	*Na*	1,4818	1,4809	1,4821	1,4812	—	1,4815	1,4812
parallel zur	*Tl*	1,4843	1,4832	1,4844	1,4837	—	1,4839	—
zweiten	*F*	1,4872	1,4865	1,4876	1,4867	—	1,4870	1,4868
Mittellinie 𝔞	*G*	1,4916	—	—	—	—	1,4916	—
β	*Li*	1,4849	—	1,4852	1,4845	1,4841	1,4847	—
Schwingungs-	*C*	1,4854	—	1,4856	1,4848	1,4846	1,4851	1,4847
richtung	*Na*	1,4877	—	1,4878	1,4870	1,4870	1,4874	1,4870
parallel Sym-	*Tl*	1,4899	—	1,4903	1,4895	1,4893	1,4898	—
metrieaxe *b*	*F*	1,4932	—	1,4932	1,4926	1,4925	1,4929	1,4926
= 𝔟	*G*	1,4975	—	—	—	1,4971	1,4973	—
γ	*Li*	—	1,4947	1,4954	—	1,4947	1,4949	—
Schwingungs-	*C*	—	1,4950	1,4958	—	1,4950	1,4953	1,4953
richtung	*Na*	—	1,4974	1,4981	—	1,4976	1,4977	1,4978
parallel zur	*Tl*	—	1,5000	1,5008	—	1,5002	1,5003	—
ersten	*F*	—	1,5033	1,5037	—	1,5033	1,5034	1,5036
Mittellinie 𝔠	*G*	—	—	—	—	1,5080	1,5080	—

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Bestimmungen bei 60° zeigen, dass bei dieser Temperatur die Indices um 0,0014 niedriger als bei gewöhnlicher Temperatur sind. Beobachtungen bei noch höheren Temperaturen sind der Zersetzung wegen nicht möglich.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die Brechungsexponenten haben folgende Verhältnisse:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0040 : 1 : 0,9931.$$

Molekulare optische Constanten.

Axe des optischen Ellipsoides		𝔞	𝔟	𝔠
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	*C.*	0,1128	0,1140	0,1160
	G.	0,1153	0,1164	0,1186
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2}\cdot\frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	*C.*	59,40	60,02	61,09
	G.	60,70	61,30	62,41
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0025	0,0024	0,0026
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,30	1,28	1,32
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	*C.*	100,36	101,58	103,71

Diese Werthe werden praktisch constant sein für alle Temperaturen, bei welchen das Salz existenzfähig ist, da die Refraction und die Dichte gleichzeitig variiren.

Schwefelsaures Cäsium-Eisen, $Cs_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen mit vortrefflichen k ren, zwei Präparaten angehörenden Krystallen gaben die folgenden Zahl

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
4,0813 g	2,7886
3,4243	2,7918
3,8732	2,7902
3,5673	2,7931
Mittel	2,7909

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{621,4}{2,791} = 222,64.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel ac ist früher 73 gefunden worden, und die morphologischen Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,7261 : 1 : 0,4953.$$

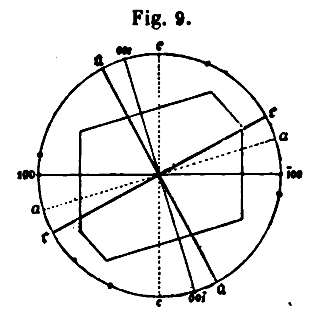
Aus diesen erhält man mit Hilfe des Molekularvolums die folgend topischen Axenverhältnisse:

$$\chi : \psi : \omega = 6,2799 : 8,6487 : 4,2837.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Die folg genden Auslöschungswinkel, bezogen auf die Normale zur Basis, wur mit zwei parallel der Symmetrieebene geschliffenen Platten erhalten:

Fig. 9.



Platte 1	11° 10′
- 2	11 40
Mittel	11° 25′

Die Neigung dieser Schwingungsricht ist vorwärts, wie in Fig. 9 dargestellt ist.

Diese Axe ist die zweite Mittellinie und andere dazu senkrecht in der Symmetrieeb liegende Axe die erste. Die Doppelbrech ist positiv. Da der morphologische Axenwin 73° 8′ ist, ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel ac der morph gischen Axen und ist 11° 25′ zur Axe a geneigt,

die zweite Mittellinie $\mathfrak{a}$ liegt im stumpfen Winkel ac und ist 28° 17' zur Verticalaxe c geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 101° 25' gegen die Normale zu $c\{001\}$ und 28° 17' gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Winkel der optischen Axen. Der scheinbare Winkel in Luft ist sehr gross und schwer zu messen. Nur eine der drei senkrecht zur ersten Mittellinie geschliffenen Platten lieferte zuverlässige Werthe. Der Mittelwerth für *Na*-Licht war 132° 47'. Die Dispersion ist sehr gering, und zwar ist der Winkel etwas grösser für Blau als für Roth.

Bestimmung des wahren Axenwinkels von *CsFe*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1	67° 10'	1a	92° 5'	75° 4'	75° 2'
	2	67 8	2a	92 10	75 1	
	3	67 12	3a	92 20	75 0	
C	1	67 4	1a	92 0	75 2	75 0
	2	67 5	2a	92 7	75 0	
	3	67 7	3a	92 15	74 58	
Na	1	66 41	1a	91 45	74 52	74 51
	2	66 45	2a	91 44	74 56	
	3	66 42	3a	92 0	74 46	
Tl	1	66 11	1a	91 25	74 40	74 42
	2	66 20	2a	91 20	74 50	
	3	66 17	3a	91 45	74 35	
F	1	65 40	1a	90 58	74 30	74 31
	2	65 50	2a	90 50	74 42	
	3	65 40	3a	91 20	74 20	

Als Eintauchungsflüssigkeit wurde Monobromnaphthalin angewandt. Die Dispersionsordnung wurde durch Beobachtungen der von den Platten 1, 2 und 3 gelieferten Interferenzbilder in Benzol bestätigt, dessen Brechungsexponent beinahe identisch mit dem Mittelwerthe der Krystallexponenten ist.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Benzol deuteten weiter an, dass die zwischen $a\{100\}$ und $r\{201\}$ austretende Axe etwas geringer dispergirt ist als diejenige, welche an der anderen Seite der Mittellinie liegt; also liegt die erste Mittellinie näher der morphologischen Axe a für Blau als für Roth, aber die Differenz beträgt nur wenige Minuten.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Die Platte, welche die Bestimmung von $2E$ lieferte, wurde auf 70° erhitzt, wobei der Winkel für *Na*-Licht 134° 20′ gefunden wurde. Daher nimmt der scheinbare Winkel in Luft ungefähr um $1\frac{1}{2}$° für 50° Temperaturerhöhung ab.

Brechungsexponenten. Diese wurden mit Hilfe von sechs Prismen bestimmt, welche aus vier verschiedenen Krystallen geschliffen waren. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *CsFe*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 1 Prisma	Krystall 4, 1 Prisma	Mittlerer Brechungsexponent
α	*Li*	1,4977	1,4973	1,4978	1,4976	1,4976
Schwingungs-	*C*	1,4981	1,4977	1,4981	1,4981	1,4980
richtung	*Na*	1,5004	1,5001	1,5005	1,5002	1,5003
parallel zur	*Tl*	1,5031	1,5026	1,5028	1,5026	1,5028
zweiten	*F*	1,5062	1,5057	1,5063	1,5061	1,5061
Mittellinie a	*G*	1,5107	1,5103	—	1,5104	1,5105
β	*Li*	1,5009	1,5005	1,5008	—	1,5007
Schwingungs-	*C*	1,5013	1,5009	1,5011	—	1,5011
richtung	*Na*	1,5035	1,5035	1,5036	—	1,5035
parallel	*Tl*	1,5061	1,5060	1,5063	—	1,5061
Symmetrieaxe *b*	*F*	1,5092	1,5093	1,5094	—	1,5093
= b	*G*	1,5135	1,5140	—	—	1,5137
γ	*Li*	1,5070	1,5061	—	1,5065	1,5065
Schwingungs-	*C*	1,5074	1,5065	—	1,5069	1,5069
richtung	*Na*	1,5098	1,5090	—	1,5093	1,5094
parallel	*Tl*	1,5125	1,5117	—	1,5120	1,5121
zur ersten	*F*	1,5159	1,5148	—	1,5153	1,5153
Mittellinie c	*G*	1,5203	1,5193	—	1,5198	1,5198

Der Exponent β, auf das Vacuum reducirt, ist genau für irgend eine Wellenlänge bis *F* durch die folgende Formel repräsentirt:

$$\beta = 1{,}4911 + \frac{462\,915}{\lambda^2} - \frac{645\,800\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Diese entspricht auch den Exponenten α gut, wenn man die Constante 1,4911 um 0,0032 vermindert, und den Werthen γ, wenn man dieselbe Constante um 0,0059 vergrössert. Der kleinere Betrag der ersten Differenz bestimmt die positive Natur der Doppelbrechung.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Bestimmungen bei 70° zeigten, dass die Exponenten durch 50° Temperaturerhöhung um 0,0047 erniedrigt werden. Die Prismen widerstehen dieser

Temperatur eine relativ lange Zeit, ehe Undurchsichtigkeit eintritt, ein weiteres Zeichen der grösseren Beständigkeit der Cäsiumsalze gegenüber denjenigen des Kaliums und Rubidiums.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die vorhergehenden Exponenten liefern die folgenden Verhältnisse:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0021 : 1 : 0,9961.$$

Molekulare optische Constanten. Die berechneten Werthe dieser Constanten sind:

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	$C.$	0,1051	0,1057	0,1067
	$G.$	0,1073	0,1079	0,1090
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	$C.$	65,31	65,65	66,29
	$G.$	66,69	67,04	67,71
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0022	0,0022	0,0023
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,38	1,39	1,42
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	$C.$	111,01	111,70	112,99

Diese Werthe werden praktisch constant sein für alle Temperaturen, bei denen das Salz existenzfähig ist, da die Refraction und das specifische Gewicht mit einer Temperaturveränderung zusammen variiren.

Manganoxydulsalze.

Weitere Versuche, das Kaliumsalz dieser Gruppe darzustellen, erwiesen sich als vergeblich.

Schwefelsaures Rubidium-Manganoxydul, $Rb_2Mn(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Die folgenden vier Bestimmungen sind mit verschiedenen Krystallisationen klarer Krystalle ausgeführt worden.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
5,6872 g	2,4542
4,5172	2,4561
4,3798	2,4637
4,2636	2,4618
Mittel	2,4590

Perrot giebt 2,49 für das specifische Gewicht bei 15° an.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{525,4}{2,459} = 213,66.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel ac ist früher 74° 3′ gefunden worden und die Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,7382 : 1 : 0,4950.$$

Daher sind die topischen Axenverhältnisse mit Hilfe des Molekularvolums berechnet

$$\chi : \psi : \omega = 6,2542 : 8,4723 : 4,1938.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Vier Platten wurden parallel der Symmetrieebene geschliffen, und ihre Auslöschungswinkel, bezogen auf die Basis, bestimmt. Die genaue Richtung der Auslöschung war nicht so leicht als gewöhnlich zu bestimmen wegen kleiner oberflächlicher Veränderungen, welche die Schärfe der Auslöschung störten. Der Mittelwerth der vier Bestimmungen, welche um 1° nach jeder Seite schwankten, ist aber zweifellos nahe richtig; darnach ist eine Schwingungsrichtung 1° 0′ nach vorn geneigt gegen die Normale zu $c\{001\}$, wie in Fig. 10 dargestellt ist.

Fig. 10.

Diese Richtung ist wieder die zweite Mittellinie, und die andere dazu senkrechte Axe, welche ebenfalls in der Symmetrieebene liegt, ist die erste Mittellinie.

Das Zeichen der Doppelbrechung ist positiv. Da der Axenwinkel $ac = 74° 3'$, so ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen ac und ist 1° 0′ zur Axe a geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Winkel ac und ist 16° 57′ zur Verticalaxe c geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 91° 0′ gegen die Normale zu $c\{001\}$ und 16° 57′ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Winkel der optischen Axen. Die folgenden Bestimmungen sind mit drei Paaren von Schnittplatten ausgeführt worden. Diese lieferten klare Interferenzbilder; die oberflächliche Verwitterung, welche so unbequem bei den stauroskopischen Beobachtungen gefunden wurde, war zu gering, um die Interferenzbilder beträchtlich zu stören, wenn die Platten frisch hergestellt waren.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *RbMn*-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel 2*E*
Li	109° 40′	109° 50′	109° 48′	109° 46′
C	109 42	109 52	109 52	109 49
Na	109 52	110 0	110 0	109 57
Tl	110 3	110 10	110 8	110 7
F	110 22	110 18	110 17	110 19

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von *RbMn*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
	1	59° 12′	1a	96° 21′	67° 4′	
Li	2	59 27	2a	96 20	67 17	67° 10′
	3	59 15	3a	96 20	67 8	
	1	59 8	1a	96 18	67 3	
C	2	59 21	2a	96 13	67 15	67 8
	3	59 10	3a	96 15	67 6	
	1	58 54	1a	95 52	67 2	
Na	2	59 0	2a	95 53	67 8	67 5
	3	58 58	3a	95 54	67 4	
	1	58 40	1a	95 27	67 1	
Tl	2	58 38	2a	95 26	67 0	67 1
	3	58 40	3a	95 27	67 1	
	1	58 20	1a	94 55	66 58	
F	2	58 40	2a	94 55	66 50	66 55
	3	58 15	3a	94 50	66 56	

Monobromnaphthalin diente als Eintauchungsflüssigkeit. Die Dispersionsordnung wurde durch Beobachtungen von $2H_a$ in weissem Lichte in Terpentinöl und Toluol bestimmt. Perrot giebt 67° 38′ für *Na*-Licht, aus einer Beobachtung mit einer Platte in Oel hergeleitet.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Terpentinöl zeigten, dass die optische Axe, welche zwischen *a*{100} und *r*{201} austritt, praktisch dieselbe Richtung für alle Farben besitzt, während die andere dispergirt ist und zwar so, dass die erste Mittellinie um 10′ näher der morphologischen Axe *a* für blaues Licht ist, als für rothes.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Eine der Platten senkrecht zur ersten Mittellinie wurde auf

70° erhitzt, wobei der Winkel für *Na*-Licht 110° 50′ gefunden wurde. Also nimmt der scheinbare Winkel in Luft um 1° für 50° Temperaturerhöhung zu.

Brechungsexponenten. Sechs Prismen wurden angewandt, aus vier verschiedenen Krystallen geschliffen.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *RbMn*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 1 Prisma	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 2 Prismen	Krystall 4, 1 Prisma	Mittlerer Brech.-exponent	Werthe von Perrot
α	*Li*	—	1,4737	1,4741	1,4746	1,4741	—
Schwingungs-	*C*	—	1,4741	1,4745	1,4749	1,4745	1,4741
richtung	*Na*	—	1,4764	1,4767	1,4770	1,4767	1,4764
parallel zur	*Tl*	—	1,4787	1,4791	1,4796	1,4791	—
zweiten	*F*	—	1,4814	1,4823	1,4826	1,4821	1,4818
Mittellinie 𝔞	*G*	—	1,4859	—	1,4868	1,4864	—
β	*Li*	1,4770	1,4782	1,4784	1,4788	1,4781	—
Schwingungs-	*C*	1,4775	1,4787	1,4787	1,4792	1,4785	1,4785
richtung	*Na*	1,4797	1,4807	1,4809	1,4816	1,4807	1,4809
parallel Sym-	*Tl*	1,4818	1,4833	1,4835	1,4839	1,4831	—
metrieaxe *b*	*F*	1,4850	1,4860	1,4863	1,4869	1,4860	1,4864
= 𝔟	*G*	—	1,4901	1,4910	1,4910	1,4907	—
γ	*Li*	1,4872	1,4882	1,4886	—	1,4880	—
Schwingungs-	*C*	1,4887	1,4877	1,4889	—	1,4884	1,4886
richtung	*Na*	1,4899	1,4910	1,4911	—	1,4907	1,4910
parallel zur	*Tl*	1,4926	1,4935	1,4939	—	1,4933	—
ersten	*F*	1,4958	1,4969	1,4967	—	1,4965	1,4970
Mittellinie 𝔠	*G*	—	1,5012	1,5019	—	1,5015	—

Der Exponent β, auf das Vacuum corrigirt, ist genau für irgend eine Wellenlänge λ bis zu F durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4694 + \frac{420\,367}{\lambda^2} - \frac{491\,200\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Für die Indices α muss die Constante 1,4694 um 0,0040 vermindert, für die Werthe γ um 0,0100 vergrössert werden. Die positive Natur der Doppelbrechung ist augenscheinlich aus der Thatsache, dass die erstere Differenz die kleinere ist.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Bestimmungen bei 70° ergaben, dass die Indices ungefähr um 0,0018 niedriger bei dieser Temperatur sind.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die Brechungsexponenten führen auf folgende Verhältnisse:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1{,}0027 : 1 : 0{,}9933.$$

Molekulare optische Constanten. Die Indices liefern ferner die folgenden Constanten, wenn man sie mit dem specifischen und molekularen Gewichte verbindet.

Axe des optischen Ellipsoides		a	b	c
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,1145	0,1153	0,1173
	G.	0,1169	0,1178	0,1200
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	60,14	60,58	61,65
	G.	61,43	61,89	63,04
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0024	0,0025	0,0027
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,29	1,31	1,39
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	C.	101,47	102,32	104,44

Wie in den Fällen der früher beschriebenen Salze, sind diese Constanten praktisch unabhängig von der Temperatur, da die Refraction und das specifische Gewicht mit der Veränderung der Temperatur zugleich variiren.

Schwefelsaures Cäsium-Manganoxydul, $Cs_2Mn(SO_4)_2.6H_2O$.

Ausser den Formen, welche für dieses Salz in der früheren Mittheilung angegeben worden sind, zeigten einige der für die optische Untersuchung benutzten Krystalle gut definirte kleine Flächen der primären Hemipyramide $o\{111\}-P$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen mit verschiedenen Krystallisationen vollkommen klarer, durchsichtiger Krystalle gaben die folgenden Resultate.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei $20^0/4^0$
1,4329 g	2,7365
1,4677	2,7393
3,2177	2,7385
2,4249	2,7356
Mittel	2,7375

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{620,4}{2,738} = 226,59.$

Topische Axenverhältnisse. Wenn man das obige Molekularvolum mit den früher gegebenen morphologischen Constanten $\beta = 72^0 53'$ und

$$a : b : c = 0,7274 : 1 : 0,4913$$

verbindet, erhält man die folgenden Verhältnisse:

$$\chi : \psi : \omega = 6,3441 : 8,7217 : 4,2850.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zwei vortreffliche Platten, parallel zur Symmetrieebene $b\{010\}$, wurden erhalten, und diese zeigten keine Neigung zur Verwitterung oder oberflächlichen Veränderung, wie es bei dem Rubidiumsalz der Fall war. Die Auslöschungsschiefe, bezogen auf die Normale zu $c\{001\}$, war bei beiden genau 8° 20′ nach vorwärts geneigt, wie in Fig. 11 angedeutet ist.

Fig. 11.

Diese Richtung ist die zweite Mittellinie, und die erste Mittellinie ist senkrecht dazu in der Symmetrieebene.

Das Zeichen der Doppelbrechung ist positiv. Da der morphologische Winkel ac = 72° 53′, ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen ac und ist 8° 20′ zur Axe a geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Winkel ac und ist 25° 27′ zur Verticalaxe c geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 98° 20′ gegen die Normale zu $c\{001\}$ und 25° 27′ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Winkel der optischen Axen. Drei Paare von Platten haben die folgenden Werthe geliefert.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *CsMn*-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel 2E
Li	97° 26′	97° 20′	97° 21′	97° 22′
C	97 21	97 15	97 17	97 18
Na	97 1	96 54	96 55	96 57
Tl	96 41	96 28	96 30	96 33
F	96 10	95 54	95 55	96 0

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von *CsMn*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
	1	53° 48′	1a	102° 55′	60° 6′	
Li	2	53 49	2a	102 46	60 10	60° 10′
	3	54 0	3a	102 59	60 15	
	1	53 43	1a	102 50	60 3	
C	2	53 42	2a	102 42	60 5	60 7
	3	53 56	3a	102 55	60 12	
	1	53 26	1a	102 33	59 54	
Na	2	53 21	2a	102 21	59 54	59 57
	3	53 38	3a	102 36	60 4	
	1	53 5	1a	102 13	59 44	
Tl	2	52 57	2a	102 0	59 41	59 46
	3	53 16	3a	102 12	59 53	
	1	52 30	1a	101 50	59 21	
F	2	52 30	2a	101 35	59 26	59 28
	3	52 45	3a	101 40	59 38	

Die Eintauchungsflüssigkeit war Monobromnaphthalin. Die Dispersionsordnung wurde durch Beobachtungen in Toluol und Cedernöl bestimmt, da das Mittel der Brechungsexponenten dieser Flüssigkeiten beinahe genau gleich dem Mittelwerthe der Krystallindices ist.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Toluol und Cedernöl zeigten, dass die in der Nähe der Normale zu $a\{100\}$ austretende optische Axe nur schwach dispergirt ist, und zwar so, dass sie für Blau am nächsten der ersten Mittellinie ist, während die andere stärker dispergirt ist und ebenfalls für Blau der ersten Mittellinie am nächsten liegt. Also ist die letztere so dispergirt, dass sie für Blau näher der morphologischen Axe a liegt, als für Roth, und zwar ist der Betrag ungefähr 15′ zwischen *Li* und *F*.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Platte 1 wurde auf 70° erhitzt; bei dieser Temperatur war der scheinbare Winkel in Luft 94° 35′ für *Na*-Licht. Also nimmt $2E$ ungefähr um $2\frac{1}{2}°$ für 50° Temperaturerhöhung ab.

Brechungsexponenten. Die folgenden Werthe wurden mit Hilfe von sechs Prismen erhalten, welche aus drei verschiedenen Krystallen geschliffen waren.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *CsMn*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 2 Prismen	Mittlerer Brechungs-Exponent
α	*Li*	1,4919	1,4920	1,4916	**1,4918**
Schwingungs-	*C*	1,4923	1,4923	1,4919	**1,4922**
richtung	*Na*	1,4948	1,4947	1,4944	**1,4946**
parallel zur	*Tl*	1,4974	1,4972	1,4970	**1,4972**
zweiten	*F*	1,5006	1,5003	1,5000	**1,5003**
Mittellinie $\mathfrak{a}$	*G*	1,5050	1,5046	1,5041	**1,5046**
β	*Li*	1,4933	1,4938	1,4937	**1,4936**
Schwingungs-	*C*	1,4938	1,4942	1,4941	**1,4940**
richtung	*Na*	1,4962	1,4968	1,4968	**1,4966**
parallel Sym-	*Tl*	1,4988	1,4991	1,4993	**1,4991**
metrieaxe *b*	*F*	1,5020	1,5022	1,5023	**1,5022**
$= \mathfrak{b}$	*G*	1,5064	1,5066	1,5068	**1,5066**
γ	*Li*	1,4994	1,4997	1,4995	**1,4995**
Schwingungs-	*C*	1,4998	1,5001	1,4999	**1,4999**
richtung	*Na*	1,5025	1,5027	1,5024	**1,5025**
parallel zur	*Tl*	1,5050	1,5052	1,5051	**1,5051**
ersten	*F*	1,5082	1,5084	1,5083	**1,5083**
Mittellinie $\mathfrak{c}$	*G*	1,5128	1,5130	1,5128	**1,5129**

Der mittlere Exponent β ist im Vacuum für irgend eine Wellenlänge λ bis zu *F* durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4803 + \frac{722\,115}{\lambda^2} - \frac{4\,944\,600\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Indices α werden nahe reproducirt, wenn man die Constante 1,4803 um 0,0019 vermindert, und die Indices γ, wenn man sie um 0,0059 vergrössert. Da die erstere Differenz die kleinere ist, folgt, wie früher erwähnt, daraus die positive Natur der Doppelbrechung.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Die Brechungsexponenten bei 70° wurden um 0,0018 niedriger, als bei gewöhnlicher Temperatur gefunden.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die Indices liefern die folgenden Verhältnisse:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1{,}0013 : 1 : 0{,}9961.$$

Molekulare optische Constanten. Die berechneten Werthe dieser Constanten sind unten tabellarisch zusammengestellt.

		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	*C.*	0,1061	0,1064	0,1075
	G.	0,1083	0,1087	0,1098

Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2}\cdot\frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	$C.$	65,81	66,01	66,68
	$G.$	67,21	67,43	68,14
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0022	0,0023	0,0023
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,40	1,42	1,46
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	$C.$	111,62	112,03	113,36

Diese Werthe sind unabhängig von der Temperatur, da Steigerung der letzteren gleichzeitige und ähnliche Veränderungen der Refraction und Dichte hervorruft.

Nickelsalze.

Schwefelsaures Kalium-Nickeloxydul, $K_2Ni(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen wurden mit vortrefflichen Krystallen ausgeführt, welche zwei ganz unabhängigen Präparaten angehörten. Die Resultate sind wie folgt.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
3,1592 g	2,2305
3,0850	2,2344
4,2979	2,2314
4,5574	2,2357
Mittel	2,2330

Der von Kopp gegebene Werth 2,123 ist ungenau.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{436,9}{2,233} = 195,65.$

Topische Axenverhältnisse. Die früher gegebenen Daten, $\beta = 75^0\,0'$ und

$$a : b : c = 0,7379 : 1 : 0,5020,$$

nebst dem Molekularvolum, liefern die folgenden topischen Verhältnisse:

$$\chi : \psi : \omega = 6,0342 : 8,1775 : 4,1051.$$

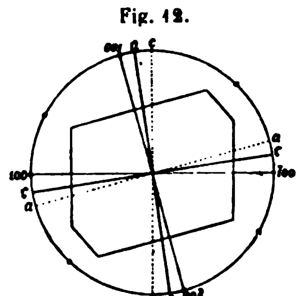
Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Drei Platten parallel der Symmetrieebene gaben die folgenden Auslöschungswinkel, bezogen auf die Normale zu $c\{001\}$, gegen welche die beiden Schwingungsrichtungen nach rückwärts geneigt sind (s. Fig. 12):

Platte 1		6° 15′
- 2		6 25
- 3		6 15
	Mittel	6° 18′

Murmann und Rotter geben 5° 26′ an. Diese Richtung ist die zwe Mittellinie; die erste ist senkrecht dazu in der Symmetrieebene. I Doppelbrechung ist positiv. Da der morph logische Axenwinkel $ac = 75° 0'$, ist die Orie tirung wie folgt:

Fig. 12.



die erste Mittellinie c liegt im stumpf Winkel der morphologischen Axen und ist 6° 18′ zur Axe *a* geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt auch i stumpfen Winkel *ac* und ist 8° 42′ z Verticalaxe *c* geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 83°1 gegen die Normale zu *c*{001} und 8° 42′ gegen die Norm zu *a*{100} geneigt.

Winkel der optischen Axen. Zu den Bestimmungen dienten sec vortreffliche Schnittplatten, senkrecht zu jeder Mittellinie drei. Wegen d tief grünen Farbe der Krystalle findet beträchtliche Absorption am roth Ende des Spectrums statt, so dass sehr intensives monochromatisches Li nöthig ist für Messungen mit so dicken Platten, wie sie wegen der gering Stärke der Doppelbrechung angewendet werden müssen. Wenn m Sauerstoff-Leuchtgas-Kalklicht anwendet, muss man den Eintrittsspalt d monochromatischen Beleuchters etwas weiter als gewöhnlich öffnen, b Anwendung von elektrischem Bogenlicht dagegen können beide Spal des Beleuchters ganz eng gestellt werden.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *KNi*-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel 2E
Li	130° 15′	130° 30′	130° 10′	**130° 18′**
C	130 20	130 35	130 15	**130 23**
Na	131 2	131 5	130 45	**130 57**
Tl	131 42	131 40	131 20	**131 34**
F	132 30	132 22	132 14	**132 22**

Murmann und Rotter fanden, dass der scheinbare Winkel in Lu für Roth kleiner ist, als für Blau, und geben den Werth 131° 45′ an, ve muthlich für *Na*-Licht.

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von *KNi*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
	1	66° 50′	1a	91° 0′	75° 21′	
Li	2	67 0	2a	91 15	75 22	75° 21′
	3	66 50	3a	91 1	75 19	
	1	66 43	1a	90 52	75 20	
C	2	66 53	2a	91 7	75 20	75 19
	3	66 45	3a	90 58	75 18	
	1	66 22	1a	90 27	75 16	
Na	2	66 32	2a	90 42	75 16	75 16
	3	66 25	3a	90 35	75 16	
	1	66 1	1a	90 0	75 13	
Tl	2	66 11	2a	90 15	75 13	75 13
	3	66 6	3a	90 5	75 14	
	1	65 30	1a	89 24	75 8	
F	2	65 40	2a	89 39	75 8	75 9
	3	65 40	3a	89 30	75 12	

Die Eintauchungsflüssigkeit war Monobromnaphthalin. Die Dispersionsordnung wurde durch Beobachtungen in Toluol bestätigt, dessen Brechungsexponent für *Na*-Licht nur etwas niedriger als der mittlere Index des Krystalles ist, ferner in Benzol, dessen Index etwas höher als der mittlere des Krystalles ist. Murmann und Rotter geben für den wahren Winkel 75° 36′ an.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Benzol und Toluol zeigten, dass die optische Axe, welche beinahe senkrecht $r\{201\}$ austritt, fast identisch ist für alle Farben, während die andere Axe, nahe normal zu $r'\{\bar{2}01\}$, deutlich dispergirt ist, und zwar so, dass sie der anderen Axe für Blau näher liegt, als für Roth. Also ist die erste Mittellinie in der Weise dispergirt, dass sie für *Li* um 10′ näher der morphologischen Axe *a* liegt, als für *F*. Diese Dispersionsordnung der Mittellinien stimmt mit der Beobachtung von Murmann und Rotter überein, aber die Dispersion der Axen selbst ist umgekehrt. Die oben erwähnten Beobachtungen wurden mit jeder der drei Platten senkrecht zur ersten Mittellinie wiederholt und immer das gleiche Resultat erhalten.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Platte 3 wurde auf 70° erhitzt und der Axenwinkel für

Na-Licht 133° 25′ gefunden. Also nimmt der scheinbare Winkel in L für 50° Temperaturerhöhung um 2½° zu.

Brechungsexponenten. Die folgende Tabelle stellt die Result dar, welche mit Hülfe von sechs Prismen erhalten wurden.

Bestimmungen der Brechungsexponenten von *KNi*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 1 Prisma	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 2 Prismen	Krystall 4, 1 Prisma	Mittlere Brechung exponen
α	*Li*	—	1,4809	1,4807	1,4812	**1,4809**
Schwingungs-	*C*	—	1,4813	1,4812	1,4815	**1,4813**
richtung	*Na*	—	1,4836	1,4834	1,4839	**1,4836**
parallel zur	*Tl*	—	1,4861	1,4857	1,4862	**1,4860**
zweiten	*F*	—	1,4889	1,4886	1,4893	**1,4889**
Mittellinie $\mathfrak{a}$	*G*	—	1,4933	1,4931	1,4934	**1,4933**
β	*Li*	1,4888	1,4889	1,4889	1,4889	**1,4889**
Schwingungs-	*C*	1,4892	1,4893	1,4895	1,4893	**1,4893**
richtung	*Na*	1,4915	1,4914	1,4919	1,4917	**1,4916**
parallel Sym-	*Tl*	1,4938	1,4941	1,4942	1,4942	**1,4941**
metrieaxe *b*	*F*	1,4970	1,4971	1,4974	1,4973	**1,4972**
= $\mathfrak{b}$	*G*	1,5014	1,5015	1,5017	1,5013	**1,5015**
γ	*Li*	1,5024	1,5025	1,5017	—	**1,5022**
Schwingungs-	*C*	1,5028	1,5029	1,5021	—	**1,5026**
richtung	*Na*	1,5053	1,5052	1,5049	—	**1,5051**
parallel zur	*Tl*	1,5077	1,5078	1,5075	—	**1,5077**
ersten	*F*	1,5111	1,5110	1,5107	—	**1,5109**
Mittellinie $\mathfrak{c}$	*G*	1,5155	1,5154	1,5151	—	**1,5153**

Drei approximative Werthe für die Mitte des Spectrums wurden Murmann und Rotter mitgetheilt, nämlich: $\alpha = 1{,}483$, $\beta = 1{,}490$ $\gamma = 1{,}502$; ferner geben sie an, dass β für Roth 1,487, für Gelb 1, für Grün 1,492 und für Violett 1,495 sei.

Der mittlere Index β im Vacuum ist genau für irgend eine Well länge bis zu *F* durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4798 + \frac{437\,765}{\lambda^2} - \frac{496\,200\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Indices α werden ebenfalls gut durch die Formel reproducirt, w man die Constante 1,4798 um 0,0080 vermindert und die Werthe γ, w man sie um 0,0135 vergrössert. Die positive Art der Doppelbrech wird aus der Thatsache augenscheinlich, dass der erstere Unterschied v der kleinere ist.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refracti Die Indices wurden bei 70° um 0,0012 niedriger als bei gewöhnlicher T peratur gefunden.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die Brechungsexponenten führen zu den folgenden Verhältnissen:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0054 : 1 : 0,9910.$$

Molekulare optische Constanten. Die berechneten Werthe dieser Constanten ergeben sich folgendermassen:

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	*C.*	0,1276	0,1294	0,1324
	G.	0,1303	0,1321	0,1352
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2}\cdot\frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	*C.*	55,75	56,54	57,84
	G.	56,93	57,73	59,06
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0027	0,0027	0,0028
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,18	1,19	1,22
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d}M$	*C.*	94,25	95,81	98,42

Da die Refraction und das specifische Gewicht bei einer Temperaturveränderung gemeinsam variiren, so werden diese Werthe unabhängig von der Temperatur sein.

Schwefelsaures Rubidium-Nickeloxydul, $Rb_2Ni(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit genau parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Die folgenden vier Bestimmungen wurden mit klaren Krystallen ausgeführt, welche aus verschiedenen Krystallisationen ausgewählt waren.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
5,1109 g	2,5817
4,4324	2,5833
3,8084	2,5807
3,5480	2,5848
Mittel	2,5826

Perrot schreibt diesem Salze die Dichte 2,56 zu.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{529,3}{2,583} = 204,92.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel ac ist früher 73°57′ gefunden worden und die morphologischen Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,7350 : 1 : 0,5022.$$

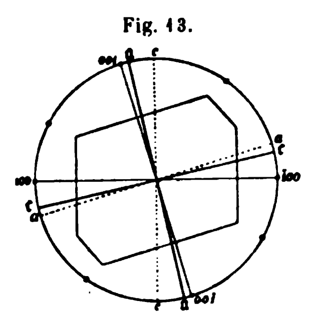
Die Verbindung dieser mit dem Molekularvolum liefert die folgenc topischen Axenverhältnisse:

$$\chi : \psi : \omega = 6,1214 : 8,3284 : 4,1825.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zı Platten, parallel der Symmetrieebene geschliffen, lieferten identische A löschungswinkel im Stauroskop, nämlich 3° bezogen auf die Normale zu $c\{001\}$; die Neigı war rückwärts, wie in Fig. 13 angedeutet Diese Axe ist die zweite Mittellinie; die and senkrecht dazu in der Symmetrieebene ist erste Mittellinie. Die Doppelbrechung positiv. Da der morphologische Winkel *ac* 73° 57′, ist die Orientirung wie folgt:

Fig. 13.



die erste Mittellinie c liegt im stump Winkel der morphologischen Axen und ist 3° 25′ zur Axe *a* geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt ebenfalls im stumpfen Winkel *ac* u ist 12° 38′ zur Verticalaxe *c* geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 86° 35′ gegen die Normale zu $c\{0$ und 12° 38′ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Perrot giebt 85° 45′ als Neigung der ersten Mittellinie gegen $c\{00$

Optischer Axenwinkel. Der Winkel in Luft ist sehr gross u schwer zu messen, jedoch wurden für die drei helleren Farben die folg den zuverlässigen Messungen erhalten.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *RbNi*-Sulfat in Lu

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel $2E$
C	155° 55′	156° 15′	156° 0′	**156° 3′**
Na	156 45	157 25	156 50	**157 0**
Tl	157 30	158 40	158 5	**158 5**

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von *RbNi*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1	72° 55′	1a	86° 12′	82° 2′	82° 5′
	2	73 12	2a	86 0	82 20	
	3	72 56	3a	86 32	81 52	

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
C	1	72° 52′	1a	86° 9′	82° 2′	82° 4′
	2	73 3	2a	85 51	82 18	
	3	72 48	3a	86 22	81 52	
Na	1	72 32	1a	85 47	82 0	82 0
	2	72 37	2a	85 34	82 10	
	3	72 28	3a	85 58	81 50	
Tl	1	72 7	1a	85 22	81 56	81 56
	2	72 5	2a	85 5	82 4	
	3	72 8	3a	85 36	81 48	
F	1	71 38	1a	85 3	81 46	81 48
	2	71 30	2a	84 35	81 56	
	3	71 34	3a	85 6	81 42	

Die Eintauchungsflüssigkeit war Monobromnaphthalin. Die Dispersionsordnung wurde durch Beobachtung in Toluol bestätigt, dessen Brechungsexponent nahe demjenigen des Krystalles ist. Perrot giebt 81° 43′ als wahren Winkel für *Na*-Licht.

Dispersion der Mittellinien. Die optische Axe, welche beinahe normal zu $r\{201\}$ austritt, ist beinahe identisch für alle Wellenlängen, während die andere dispergirt ist, und zwar so, dass die erste Mittellinie für Roth der morphologischen Axe a um 10′ näher liegt, als die für Blau.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Platte 2 wurde auf 70° erhitzt, wobei der scheinbare Winkel in Luft 158° 55′ gefunden wurde. Also nimmt $2E$ um $1\frac{1}{2}$° für 50° Temperaturerhöhung zu.

Brechungsexponenten. Sechs Prismen wurden angewandt, deren je zwei complementär aus dem gleichen Krystalle hergestellt waren. Die Resultate sind in der Tabelle auf S. 176 zusammengestellt.

Der mittlere Exponent β, auf das Vacuum corrigirt, wird genau durch die folgende Formel für irgend eine Wellenlänge ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4838 + \frac{454\,708}{\lambda^2} - \frac{486\,600\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Dieselbe gilt auch nahezu für die Indices α, wenn man die Constante 1,4838 um 0,0066 vermindert, und für die Indices γ, wenn man sie um 0,0091 vergrössert. Die Thatsache, dass der erstere Unterschied von β der kleinere ist, stimmt mit positiver Doppelbrechung überein.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *RbNi*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 2 Prismen	Mittlerer Brechungs-exponent	Wer vo Per
α	*Li*	1,4870	1,4869	1,4864	**1,4868**	—
Schwingungs-	*C*	1,4871	1,4872	1,4871	**1,4872**	1,48
richtung	*Na*	1,4894	1,4897	1,4894	**1,4895**	1,48
parallel zur	*Tl*	1,4922	1,4922	1,4917	**1,4920**	—
zweiten	*F*	1,4950	1,4951	1,4947	**1,4949**	1,49
Mittellinie $\mathfrak{a}$	*G*	1,4999	1,4995	1,4993	**1,4996**	—
β	*Li*	1,4935	1,4983	1,4932	**1,4933**	—
Schwingungs-	*C*	1,4939	1,4937	1,4936	**1,4937**	1,494
richtung	*Na*	1,4962	1,4961	1,4961	**1,4961**	1,496
parallel Sym-	*Tl*	1,4989	1,4986	1,4986	**1,4987**	—
metrieaxe *b*	*F*	1,5020	1,5017	1,5015	**1,5017**	1,502
= $\mathfrak{b}$	*G*	1,5063	1,5062	1,5060	**1,5062**	—
γ	*Li*	1,5023	1,5023	1,5022	**1,5023**	—
Schwingungs-	*C*	1,5027	1,5027	1,5026	**1,5027**	1,503
richtung	*Na*	1,5054	1,5051	1,5051	**1,5052**	1,505
parallel zur	*Tl*	1,5080	1,5079	1,5075	**1,5078**	—
ersten	*F*	1,5112	1,5111	1,5108	**1,5110**	1,511
Mittellinie $\mathfrak{c}$	*G*	1,5157	1,5154	1,5158	**1,5156**	—

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refractio Bestimmungen bei 70° zeigten, dass die Indices für 50° Temperaturerhöhu um 0,0015 erniedrigt werden.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellips ides. Die Indices führen auf folgende Verhältnisse:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0044 : 1 : 0,9940.$$

Molekulare optische Constanten.

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	*C.*	0,1115	0,1127	0,1145
	G.	0,1139	0,1151	0,1169
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2}\cdot\frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	*C.*	59,00	59,67	60,59
	G.	60,27	60,94	61,90
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0024	0,0024	0,0024
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,27	1,27	1,31
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d}M$	*C.*	99,92	101,25	103,09

Diese Werthe sind unabhängig von der Temperatur, da Dichte u Refraction bei Temperaturveränderung in derselben Richtung variiren.

Schwefelsaures Cäsium-Nickeloxydul, $Cs_2Ni(SO_4)_2 . 6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen wurden mit verschiedenen Krystallisationen, zwei unabhängigen Präparaten angehörend, gemacht. Die Resultate sind wie unten angegeben.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
3,5401	2,8645
3,1240	2,8701
4,1118	2,8617
4,9850	2,8649
Mittel	2,8653

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{624,3}{2,865} = 217,91$.

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel β ist früher 72°58′ gefunden und die morphologischen Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,7270 : 1 : 0,4984.$$

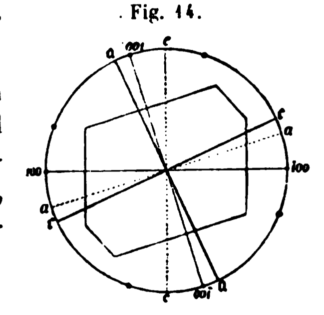
Die Verbindung dieser mit dem Molekularvolum giebt die folgenden Werthe:

$$\chi : \psi : \omega = 6,2289 : 8,5680 : 4,2703.$$

Optische Eigenschaften.

Die Krystalle von $CsNi$-Sulfat besitzen optische Eigenschaften von besonders interessanter Natur. Das Zeichen der Doppelbrechung ist negativ, während es gewöhnlich für die Reihe positiv ist, und diese Umkehrung ist von einer Umkehrung der Mittellinien begleitet.

Fig. 14.



Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zwei geschliffene Platten, parallel der Symmetrieebene, gaben die folgenden Auslöschungswinkel gegen die Normale zu $c\{001\}$, nach vorwärts geneigt, wie in Fig. 14 angedeutet ist:

Platte 1	7° 10′
- 2	7 0
Mittel	7° 5′

Diese Richtung ist aber ausnahmsweise die erste Mittellinie, und die zweite Mittellinie ist die dazu senkrechte Richtung, welche ebenfalls in der Symmetrieebene liegt.

Dass das Zeichen der Doppelbrechung negativ ist, wurde mit l der Viertelundulationsglimmerplatte und durch die Werthe der Brechu exponenten bewiesen. Da der morphologische Axenwinkel $ac = 72^0$ ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie $\mathfrak{a}$ liegt im stumpfen Winkel der mor logischen Axen ac und ist 24° 7′ zur Verticalaxe c geneig

die zweite Mittellinie $\mathfrak{c}$ liegt im spitzen Winkel ac und ist 7° 5′ Axe a geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 7° 5′ gegen die Normale zu c\{(und 65° 53′ gegen die Normale zu a\{100\} geneigt.

Winkel der optischen Axen. Dieser ist so gross, dass der sch bare Winkel in Luft nicht gemessen werden kann. Folgendes sind Resultate der Messungen in Monobromnaphthalin.

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von *CsNi*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1	78° 20′	1a	82° 51′	87° 20′	87° 15′
	2	78 16	2a	83 0	87 12	
	3	78 24	3a	83 5	87 14	
C	1	78 15	1a	82 45	87 21	87 17
	2	78 12	2a	82 54	87 14	
	3	78 18	3a	82 57	87 16	
Na	1	78 2	1a	82 28	87 22	87 21
	2	77 59	2a	82 24	87 22	
	3	78 1	3a	82 30	87 20	
Tl	1	77 42	1a	81 54	87 29	87 29
	2	77 44	2a	81 53	87 31	
	3	77 42	3a	82 1	87 26	
F	1	77 23	1a	81 10	87 43	87 40
	2	77 15	2a	81 10	87 38	
	3	77 18	3a	81 13	87 38	

Die Dispersionsordnung wurde durch Beobachtungen in Cedernö stätigt, dessen Brechungsexponent beinahe identisch mit dem mitt Exponenten des Krystalles ist.

Dispersion der Mittellinien. Ausser den Beobachtungen in *dernöl* wurden auch solche in Benzol angestellt, dessen Brechungsexpo

auch beinahe gleich dem mittleren Exponenten des Krystalles ist, aber nach der entgegengesetzten Seite davon abweicht. Das Mittel beider Resultate zeigt, dass die erste Mittellinie für *F* um 15′ näher der Verticalaxe *c* liegt, als die für *Li*-Licht.

Brechungsexponenten. Ein Paar complementärer Prismen wurden aus jedem von drei Krystallen geschliffen. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *CsNi*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 2 Prismen	Mittlerer Brechungsexponent
α Schwingungsrichtung parallel zur ersten Mittellinie $\mathfrak{a}$ (7° 5′ von der Normale zu $c\{001\}$)	*Li*	1,5067	1,5060	1,5056	**1,5061**
	C	1,5070	1,5064	1,5060	**1,5065**
	Na	1,5093	1,5086	1,5082	**1,5087**
	Tl	1,5118	1,5110	1,5109	**1,5112**
	F	1,5150	1,5145	1,5143	**1,5146**
	G	1,5198	1,5190	1,5189	**1,5192**
β Schwingungsrichtung parallel Symmetrieaxe b ($\mathfrak{b}$)	*Li*	1,5103	1,5097	1,5101	**1,5100**
	C	1,5106	1,5101	1,5105	**1,5104**
	Na	1,5130	1,5125	1,5131	**1,5129**
	Tl	1,5156	1,5151	1,5156	**1,5154**
	F	1,5189	1,5185	1,5187	**1,5187**
	G	1,5229	1,5238	1,5238	**1,5235**
γ Schwingungsrichtung parallel zur zweiten Mittellinie $\mathfrak{c}$	*Li*	1,5134	1,5130	1,5135	**1,5133**
	C	1,5138	1,5134	1,5139	**1,5137**
	Na	1,5164	1,5161	1,5162	**1,5162**
	Tl	1,5189	1,5189	1,5189	**1,5189**
	F	1,5221	1,5221	1,5221	**1,5221**
	G	1,5263	1,5261	1,5273	**1,5266**

Der mittlere Exponent β, auf das Vacuum corrigirt, ist genau für irgend eine Wellenlänge bis *F* durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4980 + \frac{634\,374}{\lambda^2} - \frac{3\,582\,100\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Indices α werden nahezu wiedergegeben, wenn man die Constante 1,4980 um 0,0041 vermindert, und die Werthe γ, wenn man sie um 0,0033 vergrössert. Die Thatsache, dass die erstere Differenz die grössere ist, bestimmt, dass die Doppelbrechung in der That negativ ist.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refraction. Bestimmungen bei 70° zeigten, dass die Indices für 50° Temperaturerhöhung um 0,0016 erniedrigt werden.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die Brechungsexponenten liefern die folgenden Verhältnisse:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0028 : 1 : 0,9978.$$

Molekulare optische Constanten. Die berechneten Werthe dieser Constanten sind wie folgt:

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)d} = \mathfrak{n}$	$C.$	0,1039	0,1045	0,1051
	$G.$	0,1061	0,1068	0,1073
Molekulare Refraction, $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	$C.$	64,84	65,26	65,61
	$G.$	66,20	66,66	66,99
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0022	0,0023	0,0022
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,36	1,40	1,38
Molekulare Refraction, $\frac{n - 1}{d} M$	$C.$	110,46	111,31	112,03

Diese Werthe werden, wie bei den vorhergehenden Salzen, ganz unabhängig von der Temperatur sein, da Dichte und Refraction bei Veränderung der Temperatur gleichmässig verändert werden.

Kobaltsalze.

Schwefelsaures Kalium-Kobaltoxydul, $K_2Co(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r' \{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen gaben die folgenden Resultate:

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei $20^0/4^0$
4,2793	2,2096
4,2476	2,2123
4,2982	2,2127
4,4105	2,2142
Mittel	2,2122

Schiff erhielt 2,154.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{437,6}{2,212} = 197,83.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel β wurde früher $75^0 5'$ gefunden und das morphologische Axenverhältniss:

$$a : b : c = 0,7404 : 1 : 0,5037.$$

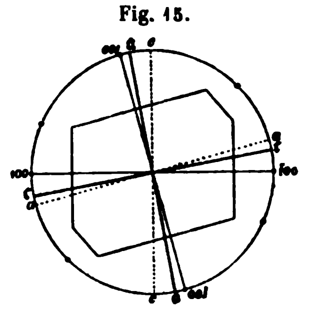
Die Verbindung dieser mit dem Molekularvolum giebt die folgenden Werthe:

$$\chi : \psi : \omega = 6,0625 : 8,1881 : 4,1243.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zwei Platten, parallel der Symmetrieebene geschliffen, lieferten übereinstimmend den Auslöschungswinkel 4° 50′ gegen die Normale zu $c\{001\}$ nach rückwärts, wie in Fig. 15 angedeutet ist. Murmann und Rotter fanden ihn 4° 49′. Diese Richtung ist, wie gewöhnlich für die Reihe, die zweite Mittellinie; die erste Mittellinie ist senkrecht dazu in der Symmetrieebene. Die Doppelbrechung ist positiv. Da der morphologische Axenwinkel $ac = 75° 5'$, ist die Orientirung wie folgt:

Fig. 15.



die erste Mittellinie $\mathfrak{c}$ liegt im stumpfen Winkel der morphologischen Axen ac und ist 4° 50′ zur Axe a geneigt.

die zweite Mittellinie $\mathfrak{a}$ liegt ebenfalls in dem stumpfen Winkel ac und ist 10° 5′ zur Verticalaxe c geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 85° 10′ gegen die Normale zu $c\{001\}$ und 10° 5′ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Winkel der optischen Axen. Wegen der starken Absorption am blauen Ende des Spectrums muss man eine sehr intensive Lichtquelle anwenden, wenn man die Beobachtungen mit F-Licht ausführen will. Es wurde daher für diese Farbe der Eintrittsspalt des monochromatischen Beleuchters etwas mehr als gewöhnlich geöffnet.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von KCo-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel $2E$
Li	114° 50′	113° 12′	113° 46′	**113° 56′**
C	114 54	113 16	113 51	**114 0**
Na	115 26	113 40	114 8	**114 25**
Tl	116 7	114 12	114 28	**114 56**
F	117 0	115 0	115 0	**115 40**

Murmann und Rotter geben 110° 10′ für den scheinbaren Winkel in Luft.

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von KCo-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
	1	61°32′	1a	96° 1′	69° 5′	
Li	2	60 48	2a	96 16	68 24	68°38′
	3	60 52	3a	96 21	68 25	
	1	61 30	1a	95 48	69 8	
C	2	60 46	2a	96 11	68 24	68 39
	3	60 49	3a	96 15	68 25	
	1	61 21	1a	95 23	69 12	
Na	2	60 34	2a	95 45	68 26	68 41
	3	60 37	3a	95 51	68 26	
	1	61 14	1a	94 55	69 18	
Tl	2	60 21	2a	95 15	68 28	68 44
	3	60 25	3a	95 23	68 28	
	1	61 0	1a	94 20	69 22	
F	2	60 3	2a	94 35	68 31	68 48
	3	60 10	3a	94 50	68 30	

Die Eintauchungsflüssigkeit war Monobromnaphthalin. Verschieden Krystallisationen dieses Salzes scheinen etwas grössere Unterschiede d optischen Axenwinkels als gewöhnlich zu zeigen; die untersuchten Krystal gehörten demselben Präparat an, welches bei der morphologischen Arb gebraucht und als ganz rein befunden wurde.

Murmann und Rotter geben für den wahren Winkel 66°56′ an; war aber nur eine einzige Platte gemessen und der wahre Winkel mit Hi des mittleren Brechungsexponenten des Salzes berechnet worden. Dieselb Beobachter führen ferner an, dass der wahre Axenwinkel kleiner für Ro als für Blau ist. Die Dispersionsordnung wurde durch Beobachtungen Toluol bestätigt, dessen Exponent beinahe genau das Mittel der Krysta indices ist.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Toluol zei ten, dass die erste Mittellinie für Roth um 10′—15′ näher der morph logischen Axe a liegt als die für Blau. Die beiden Axen zeigten gerin Dispersion in derselben Richtung, diejenige in der Nähe der Normale $r'\{\bar{2}01\}$ am wenigsten.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optisch

Axenwinkel. Messungen bei 70° ergaben, dass $2E$ für 50° Temperaturerhöhung um ungefähr 2° 15′ zunimmt.

Brechungsexponenten. Die sechs angewandten Prismen wurden aus fünf verschiedenen Krystallen geschliffen. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *KCo*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 1 Prisma	Krystall 3, 1 Prisma	Krystall 4, 1 Prisma	Krystall 5, 1 Prisma	Mittlerer Brech.-Exponent
α	*Li*	1,4771	1,4789	1,4781	—	—	**1,4780**
Schwingungs-	*C*	1,4775	1,4793	1,4785	—	—	**1,4784**
richtung	*Na*	1,4795	1,4817	1,4808	—	—	**1,4807**
parallel zur	*Tl*	1,4819	1,4839	1,4831	—	—	**1,4830**
zweiten	*F*	1,4850	1,4871	1,4861	—	—	**1,4861**
Mittellinie $\mathfrak{a}$	*G*	1,4892	1,4916	—	—	—	**1,4904**
β	*Li*	1,4832	1,4849	1,4842	1,4836	1,4829	**1,4838**
Schwingungs-	*C*	1,4836	1,4853	1,4846	1,4840	1,4833	**1,4842**
richtung	*Na*	1,4860	1,4877	1,4869	1,4866	1,4858	**1,4865**
parallel Sym-	*Tl*	1,4884	1,4900	1,4895	1,4889	1,4875	**1,4889**
metrieaxe b	*F*	1,4915	1,4932	1,4924	1,4919	1,4905	**1,4919**
$= \mathfrak{b}$	*G*	1,4958	1,4972	—	1,4964	1,4949	**1,4961**
γ	*Li*	1,4975	—	—	1,4973	1,4971	**1,4973**
Schwingungs-	*C*	1,4980	—	—	1,4977	1,4975	**1,4977**
richtung	*Na*	1,5006	—	—	1,5004	1,5001	**1,5004**
parallel zur	*Tl*	1,5032	—	—	1,5028	1,5023	**1,5028**
ersten	*F*	1,5065	—	—	1,5058	1,5055	**1,5059**
Mittellinie $\mathfrak{c}$	*G*	1,5106	—	—	1,5111	1,5097.	**1,5105**

Wie bei dem optischen Axenwinkel beobachtet wurde, zeigen verschiedene Krystallisationen auch etwas verschiedene Indices.

Murmann und Rotter schreiben β die Werthe 1,482 für Roth, 1,487 für Gelb, 1,490 für Grün zu. Der mittlere Index β, auf das Vacuum corrigirt, ist für irgend eine Wellenlänge bis F durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1,4737 + \frac{514\,824}{\lambda^2} - \frac{1\,962\,700\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Diese entspricht auch nahezu den Indices α, wenn man die Constante 1,4737 um 0,0058 vermindert, und den Werthen von γ, wenn man sie um 0,0138 vergrössert.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refraction. Bestimmungen bei 70° ergaben, dass die Indices für 50° Temperaturerhöhung um 0,0020 erniedrigt werden.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoide Diese Werthe sind wie folgt:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0039 : 1 : 0,9907.$$

Molekulare optische Constanten. Die Indices, mit der Dicl und dem Molekularvolum, liefern die folgenden Constanten:

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,1282	0,1295	0,1325
	G.	0,1309	0,1322	0,1354
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2}\cdot\frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	56,08	56,66	58,00
	G.	57,28	57,84	59,26
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0027	0,0027	0,0029
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,20	1,18	1,26
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d}M$	C.	94,72	95,87	98,54

Diese Werthe sind praktisch unabhängig von der Temperatur, da Dich und Refraction mit Temperaturerhöhung gemeinschaftlich abnehmen.

Schwefelsaures Rubidium-Kobalt, $Rb_2Co(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen wurden mit verschie denen Krystallisationen ausgeführt, welche zwei unabhängigen Präparate angehörten. Die beiden letzten Bestimmungen wurden mit Krystallen ge macht, welche dunkel röthlichbraun resp. rubinroth waren; die Resultat derselben sind, wie aus der Tabelle hervorgeht, praktisch identisch.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
3,7399 g	2,5529
4,8409	2,5571
5,9019	2,5573
4,9051	2,5591
Mittel	2,5566

Perrot schreibt diesem Salze die Dichte 2,56 zu; seine Werthe variirte von 2,540 bis 2,577.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{530}{2,557} = 207,28.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel β ist früher 73°5 gefunden worden und das Axenverhältniss:

$$a : b : c = 0,7391 : 1 : 0,5011.$$

Die Verbindung dieser Constanten mit dem Molekularvolum giebt die folgenden topischen Axenverhältnisse:

$$\chi : \psi : \omega = 6{,}1718 : 8{,}3505 : 4{,}1844.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zwei Schnittplatten, parallel der Symmetrieebene geschliffen, gaben die folgenden Auslöschungswinkel gegen die Normale zu $c\{001\}$:

Platte 1	0° 10′	vorwärts
Platte 2	0 10	rückwärts
Mittel	0° 0′	

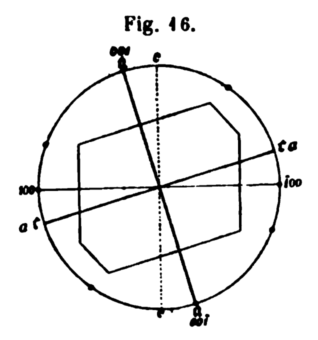


Fig. 16.

Die Auslöschungsrichtung ist also genau normal zur Basis, wie in Fig. 16 dargestellt ist. Diese Richtung ist die zweite Mittellinie; die erste Mittellinie ist mit der morphologischen Axe *a* identisch. Das Zeichen der Doppelbrechung ist positiv. Da der morphologische Axenwinkel = 73° 59′, ist die Orientirung wie folgt:

- die erste Mittellinie c ist mit der morphologischen Axe *a* identisch,
- die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Winkel der Axen *ac*; sie ist genau normal zu $c\{001\}$ und 16° 1′ gegen die Verticalaxe *c* geneigt,
- die erste Mittellinie ist folglich genau 90° gegen die Normale zu $c\{001\}$ und 16° 1′ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Perrot giebt an, dass die erste Mittellinie 85° 15′ gegen die Normale zu $\{001\}$ geneigt sei, was von der oben gegebenen Orientirung der Hauptschwingungsrichtungen etwas abweicht.

Winkel der optischen Axen. Drei Platten wurden senkrecht zur ersten Mittellinie geschliffen. Es geht aus der Orientirung der Hauptschwingungsrichtungen klar hervor, dass es nicht nöthig war, Platten senkrecht zur zweiten Mittellinie zu schleifen; es wurden drei Krystalle für die Messungen von $2H_0$ angewandt, welche grosse und ebene Flächen $c\{001\}$ besassen.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *RbCo*-Sulfa
in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel $2E$
Li	129° 28′	129° 24′	130° 25′	129° 46′
C	129 34	129 28	130 30	129 51
Na	129 54	129 48	130 51	130 10
Tl	130 9	130 6	131 12	130 29
F	130 35	130 33	131 38	130 55

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels
von *RbCo*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1	66° 18′	1a	90° 12′	75° 20′	75° 15′
	2	66 38	2a	91 4	75 10	
	3	66 56	3a	91 22	75 15	
C	1	66 15	1a	90 9	75 19	75 14
	2	66 33	2a	90 59	75 8	
	3	66 53	3a	91 18	75 14	
Na	1	66 0	1a	89 52	75 16	75 11
	2	66 18	2a	90 46	75 4	
	3	66 39	3a	91 0	75 12	
Tl	1	65 40	1a	89 30	75 12	75 8
	2	66 0	2a	90 26	75 0	
	3	66 24	3a	90 40	75 11	
F	1	65 12	1a	89 0	75 6	75 3
	2	65 36	2a	90 0	74 54	
	3	66 2	3a	90 12	75 8	

Die Eintauchungsflüssigkeit war Monobromnaphthalin. Die Disp sionsordnung wurde durch Beobachtungen in Toluol bestätigt, des Brechungsexponent in der Nähe des mittleren des Krystalles ist.

Perrot giebt 75° 5′ für *Na*-Licht an.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Toluol z ten deutlich, dass die optische Axe, welche zwischen $a\{100\}$ und $r\{$ austritt, für alle Farben gleiche Richtung hat, während die andere Axe pergirt ist. Also ist die erste Mittellinie so dispergirt, dass sie für Blau 5—[illegible] näher der unbeweglichen Axe liegt als für Roth.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optisc

Axenwinkel. Messungen bei 70° ergaben, dass der scheinbare Axenwinkel in Luft für 50° Temperaturerhöhung um 2° zunimmt.

Brechungsexponenten. Sechs Prismen wurden aus vier verschiedenen Krystallen geschliffen. Die mit ihnen erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Bestimmungen der Brechungsexponenten von *RbCo*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 1 Prisma	Krystall 4, 1 Prisma	Mittlerer Brech.-Exponent	Werthe von Perrot
α	*Li*	1,4825	1,4840	—	1,4834	**1,4833**	—
Schwingungs-	*C*	1,4829	1,4844	—	1,4838	**1,4837**	1,4834
richtung	*Na*	1,4852	1,4864	—	1,4861	**1,4859**	1,4860
parallel zur	*Tl*	1,4875	1,4889	—	1,4882	**1,4882**	—
zweiten	*F*	1,4904	1,4916	—	1,4910	**1,4910**	1,4912
Mittellinie $\mathfrak{a}$	*G*	1,4948	1,4960	—	—	**1,4954**	—
β	*Li*	1,4878	1,4891	1,4893	1,4893	**1,4889**	—
Schwingungs-	*C*	1,4882	1,4895	1,4896	1,4897	**1,4893**	1,4890
richtung	*Na*	1,4904	1,4919	1,4919	1,4920	**1,4916**	1,4916
parallel Sym-	*Tl*	1,4930	1,4943	1,4943	1,4942	**1,4940**	—
metrieaxe *b*	*F*	1,4960	1,4972	1,4969	1,4970	**1,4968**	1,4970
$= \mathfrak{b}$	*G*	1,5001	1,5015	1,5018	—	**1,5011**	—
γ	*Li*	1,4976	1,4988	1,4990	—	**1,4985**	—
Schwingungs-	*C*	1,4983	1,4991	1,4995	—	**1,4989**	1,4985
richtung	*Na*	1,5005	1,5018	1,5018	—	**1,5014**	1,5012
parallel zur	*Tl*	1,5033	1,5040	1,5041	—	**1,5038**	—
ersten	*F*	1,5062	1,5073	1,5070	—	**1,5068**	1,5069
Mittellinie $\mathfrak{c}$	*G*	1,5104	1,5119	1,5119	—	**1,5114**	—

Wie im Falle des Kalium-Kobaltsalzes, zeigen verschiedene Krystallisationen geringe Unterschiede in der Refraction. Perrot hat diesen Umstand bereits bemerkt und seiner Ueberzeugung Ausdruck gegeben, dass er nicht durch Verunreinigungen verursacht sei, ein Schluss, welcher durch diese Arbeit völlig bestätigt wird.

Der mittlere Index β, auf das Vacuum corrigirt, ist genau für irgend eine Wellenlänge bis *F* durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1,4789 + \frac{507\,763}{\lambda^2} - \frac{1\,841\,600\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Indices α werden sehr nahe reproducirt, wenn man die Constante 1,4789 um 0,0057 vermindert, und die Indices γ, wenn man sie um 0,0098 vergrössert.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refraction. Bestimmungen bei 70° zeigten, dass die Indices für 50° Temperaturerhöhung um 0,0016 erniedrigt werden.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Diese sind wie folgt:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0038 : 1 : 0,9935.$$

Molekulare optische Constanten. Die berechneten Werthe dieser Constanten sind:

Axe des optischen Ellipsoides		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,1119	0,1130	0,1149
	G.	0,1142	0,1153	0,1173
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	59,31	59,90	60,89
	G.	60,53	61,12	62,18
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0023	0,0023	0,0024
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,22	1,22	1,29
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	C.	100,34	101,50	103,49

Diese Werthe sind unabhängig von der Temperatur, da Dichte und Refraction zusammen variiren.

Schwefelsaures Cäsium-Kobalt, $Cs_2Co(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen wurden mit verschiedenen, aus zwei unabhängigen Präparaten stammenden Krystallisationen ausgeführt. Die Resultate sind unten wiedergegeben.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. $20^0/4^0$
4,6173 g	2,8391
4,1226	2,8372
3,7098	2,8365
4,4523	2,8350
Mittel	2,8370

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{625}{2,837} = 220,30.$

Topische Axenverhältnisse. Es ist früher gezeigt worden, dass der Axenwinkel $\beta = 72^0 52'$ und die Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,7270 : 1 : 0,4968.$$

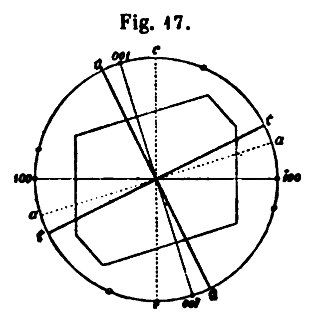
Wenn man diese mit dem Molekularvolum verbindet, erhält man die folgenden topischen Axenverhältnisse

$$\chi : \psi : \omega = 6,2595 : 8,6101 : 4,2775.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zwei Platten, parallel der Symmetrieebene geschliffen, lieferten identische Auslöschungsrichtungen, nämlich 9° 0′ vorwärts gegen die Normale zu $c\{001\}$, wie in Fig. 17 dargestellt ist. Diese Richtung ist die zweite Mittellinie; die erste Mittellinie ist die andere, dazu senkrechte Auslöschungsrichtung in der Symmetrieebene. Das Zeichen der Doppelbrechung ist positiv. Da der morphologische Axenwinkel $ac = 72° 52'$, so ist die Orientirung wie folgt:

Fig. 17.



die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen ac und ist 9° 0′ zur Axe a geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Winkel ac und ist 26° 8′ zur Verticalaxe c geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 99° 0′ gegen die Normale zu $c\{001\}$ und 26° 8′ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Winkel der optischen Axen. Der scheinbare Winkel in Luft ist sehr gross und folglich schwer zu messen, besonders bei solchen Salzen, wie diejenigen dieser Reihe, deren Doppelbrechung so schwach ist, dass die anzuwendenden Platten sehr dick sein müssen. Die drei Platten senkrecht zur ersten Mittellinie waren ganz gut, gaben aber $2E$ nur approximativ Für *Na*-Licht waren die Werthe 157° 50′, 154° 10′ resp. 158° 0′, im Mitte 156° 40′.

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von *CsCo*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
	1	73° 45′	1a	87° 52′	81° 43′	
Li	2	72 35	2a	86 55	81 26	81° 42′
	3	74 8	3a	87 55	81 56	
	1	73 40	1a	87 47	81 42	
C	2	72 30	2a	86 52	81 24	81 40
	3	74 3	3a	87 52	81 54	
	1	73 25	1a	87 35	81 38	
Na	2	72 5	2a	86 40	81 13	81 34
	3	73 50	3a	87 42	81 51	

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Tl	1	73° 10′	1a	87° 25′	81° 34′	81° 29′
	2	71 40	2a	86 23	81 5	
	3	73 35	3a	87 30	81 48	
F	1	72 50	1a	87 10	81 28	81 22
	2	71 10	2a	86 3	80 55	
	3	73 16	3a	87 14	81 43	

Der wahre Winkel wurde, wie gewöhnlich, durch Beobachtungen von $2H_a$ und $2H_o$ in Monobromnaphthalin bestimmt. Sehr intensives Licht ist bei den Beobachtungen für F nothwendig.

Die Dispersionsordnung wurde durch Messungen in Cedernöl bestätigt, dessen Brechungsexponent in der Nähe derjenigen des Krystalles ist.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Cedernöl haben ferner ergeben, dass die optische Axe, welche zwischen $a\{100\}$ und $r\{201\}$ austritt, für alle Farben identisch ist, während die andere Axe dispergirt ist, und zwar so, dass die erste Mittellinie für F-Licht um 10′ näher der morphologischen Axe a liegt, als die für Li-Licht.

In höheren Temperaturen wurden keine Beobachtungen von $2E$ angestellt wegen der Schwierigkeit, genaue Messungen eines so grossen Winkels zu erhalten.

Brechungsexponenten. Die Resultate der Messungen mit sechs, aus vier Krystallen geschliffenen Prismen sind in der Tabelle auf S. 191 gegeben.

Der mittlere Index β, auf das Vacuum reducirt, ist genau für irgend eine Wellenlänge bis F durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1,4952 + \frac{532\,337}{\lambda^2} - \frac{1\,971\,500\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Indices α werden ebenfalls nahe reproducirt, wenn man die Constante 1,4952 um 0,0029 vermindert, und die Indices γ, wenn man sie um 0,0046 vergrössert. Da die erstere Zahl die kleinere ist, wird dadurch die positive Natur der Doppelbrechung bestätigt.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refraction. — Bestimmungen bei 70° haben ergeben, dass die Brechungsexponenten bei dieser Temperatur um 0,0018 niedriger als bei der gewöhnlichen Temperatur sind.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. — Diese sind wie folgt: $\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0019 : 1 : 0,9969.$

Bestimmung der Brechungsexponenten von *CsCo*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 1 Prisma	Krystall 4, 1 Prisma	Mittlerer Brechungsexponent
α	*Li*	1,5022	1,5028	—	1,5033	1,5028
Schwingungs-	*C*	1,5026	1,5032	—	1,5038	1,5032
richtung	*Na*	1,5055	1,5054	—	1,5062	1,5057
parallel zur	*Tl*	1,5077	1,5078	—	1,5083	1,5079
zweiten	*F*	1,5109	1,5111	—	1,5117	1,5112
Mittellinie a	*G*	1,5159	1,5160	—	—	1,5159
β	*Li*	1,5054	1,5057	1,5059	—	1,5057
Schwingungs-	*C*	1,5058	1,5061	1,5063	—	1,5061
richtung	*Na*	1,5082	1,5086	1,5087	—	1,5085
parallel Sym-	*Tl*	1,5108	1,5111	1,5111	—	1,5110
metrieaxe *b*	*F*	1,5140	1,5142	1,5145	—	1,5142
= b	*G*	1,5188	1,5189	1,5188	—	1,5188
γ	*Li*	1,5096	1,5102	1,5108	1,5109	1,5102
Schwingungs-	*C*	1,5099	1,5106	1,5107	1,5113	1,5106
richtung	*Na*	1,5127	1,5131	1,5131	1,5139	1,5132
parallel zur	*Tl*	1,5152	1,5158	1,5154	1,5159	1,5156
ersten	*F*	1,5185	1,5191	1,5184	1,5189	1,5187
Mittellinie c	*G*	1,5237	1,5236	1,5237	—	1,5237

Molekulare optische Constanten.

Axe des optischen Ellipsoides		a	b	c
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,1043	0,1048	0,1056
	G.	0,1065	0,1070	0,1079
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2}\cdot\frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	65,19	65,51	66,00
	G.	66,57	66,89	67,41
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0022	0,0022	0,0023
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,38	1,38	1,41
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d}M$	C.	110,95	111,58	112,57

Wie bei den anderen Salzen der Reihe, sind diese Constanten unabhängig von der Temperatur, da Refraction und Dichte bei Temperaturveränderung zusammen variiren.

Kupfersalze.

Schwefelsaures Kalium-Kupfer, $K_2Cu(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Es wurde in der früheren Mittheilung über die Morphologie der Reihe bemerkt, dass die Krystalle dieses Salzes gewöhnlich mehr oder weniger

undurchsichtig seien, und dass die analytischen Resultate für SO_3 etwas zu niedrig ausfielen; ferner wurde angedeutet, dass dieser Umstand gewiss nicht durch die Anwesenheit irgend eines anderen isomorph mitkrystallisirenden Salzes verursacht sei, und dass derselbe folglich keinerlei störende Wirkung auf die Winkel ausüben könne. Die weitere Untersuchung des Salzes hat dieses bestätigt. Die mikroskopische Prüfung zeigte, dass die Undurchsichtigkeit durch zahlreiche, äusserst kleine, mit Mutterlauge gefüllte Poren verursacht wird. Feinstes Zerreiben des Salzes und nachfolgendes stundenlanges Trocknen desselben bei gewöhnlicher Temperatur auf unglasirtem Porzellan entfernt die grösseren Flüssigkeitseinschlüsse, aber das feinste Pulver besteht noch aus Partikeln, welche äusserst kleine Poren enthalten und daher noch etwas zu niedrige analytische Resultate liefern. Auf die morphologische Untersuchung ist dieser Umstand natürlich ohne Einfluss, und da nur die durchsichtigsten Krystalle gebraucht wurden, war dieses auch bei der optischen Untersuchung der Fall. Die Bestimmungen des specifischen Gewichtes werden dadurch näher berührt, und zwar so, dass die Resultate zu niedrig ausfallen. Es wurde daher die grösste Sorgfalt auf das Zerreiben und Lufttrocknen verwendet, um jene Wirkung so gering wie möglich zu machen. Das Pulver wurde endlich durch ein Sieb aus dem feinsten Platinnetz von allen groben Partikeln befreit. Wie sich später bei der Vergleichung der specifischen Gewichte aller Salze der Reihe zeigen wird, ist dadurch der Fehler innerhalb der Grenzen des experimentellen Fehlers gebracht worden.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen wurden mit den oben erwähnten Vorsichtsmaassregeln ausgeführt, und dazu die durchsichtigsten Krystalle von geringer Grösse aus verschiedenen Präparaten ausgewählt. Die Resultate sind die folgenden:

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
4,4867 g	2,2228
4,1229	2,2244
4,5166	2,2227
4,1518	2,2257
Mittel	2,2239

Dieser Mittelwerth ist beträchtlich höher, als die von Joule und Playfair (2,164) und von Schiff (2,137) angegebenen Werthe, und ist unzweifelhaft sehr nahe richtig. Das Trocknen in Luft wurde nicht so lange fortgesetzt, um irgend einen Fehler infolge beginnender Verwitterung zu ermöglichen.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{441}{2,224} = 198,29.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel β ergab sich früher zu 75°32′ und die Axenverhältnisse zu

$$a : b : c = 0,7490 : 1 : 0,5088.$$

Die topischen Axenverhältnisse, aus diesen mit Hilfe des Molekularvolums berechnet, sind:

$$\chi : \psi : \omega = 6,0893 : 8,1300 : 4,1366.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zwei Platten wurden parallel der Symmetrieebene aus zwei sehr kleinen, aber gut entwickelten und durchsichtigen Krystallen geschliffen. Sie gaben Auslöschungsrichtungen, welche gegen die Normale der Basis, wie in Fig. 18 gezeigt ist, nach vorwärts geneigt waren um:

Fig. 18.

Platte 1		4° 0′
- 2		4 10
	Mittel	4° 5′

Murmann und **Rotter** fanden einen Auslöschungswinkel von 4°23′ nach derselben Seite. Diese Richtung ist die zweite Mittellinie; die erste Mittellinie ist die dazu senkrechte Richtung in der Symmetrieebene. Das Zeichen der **Doppelbrechung** ist positiv. Da der morphologische Axenwinkel = 75°32′, ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen *ac* und ist 4° 5′ zur Axe *a* geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt in dem stumpfen Winkel *ac* und ist 18°33′ zur Verticalaxe *c* geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 94° 5′ gegen die Normale zu *c*{001} und 18° 33′ gegen die Normale zu *a*{100} geneigt.

Winkel der optischen Axen. Die Resultate, mit sechs, aus kleinen, durchsichtigen Krystallen geschliffenen Platten erhalten, sind in den begleitenden Tabellen gegeben.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *KCu*-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel 2*E*
Li	71°40′	71°30′	70°46′	71°19′
C	71 47	71 37	70 50	71 25
Na	72 42	72 18	71 20	72 7
Tl	73 43	73 5	72 20	73 3
F	75 0	74 0	73 40	74 13

Murmann und Rotter geben 76°12'.

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von *KCu*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1	41°20'	1a	111°55'	46° 8'	46° 1'
	2	41 13	2a	111 45	46 4	
	3	41 0	3a	111 56	45 50	
C	1	41 22	1a	111 50	46 12	46 6
	2	41 17	2a	111 37	46 10	
	3	41 5	3a	111 50	45 56	
Na	1	41 32	1a	110 35	46 40	46 32
	2	41 33	2a	110 45	46 38	
	3	41 15	3a	110 56	46 18	
Tl	1	41 45	1a	109 35	47 8	47 0
	2	41 46	2a	109 40	47 7	
	3	41 25	3a	109 50	46 44	
F	1	42 0	1a	108 10	47 44	47 33
	2	42 0	2a	108 35	47 38	
	3	41 40	3a	108 35	47 18	

Monobromnaphthalin wurde als Eintauchungsflüssigkeit gebraucht. Murmann und Rotter geben 48°53' als Resultat der indirecten Methode mit Hilfe einer Platte und des Index β. Die Dispersion ist, wie man sieht, beträchtlich; Sinn und Betrag derselben wurden durch Beobachtungen in Toluol bestätigt, dessen Index sehr nahe dem mittleren des Krystalles ist.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Toluol ergaben, dass die zu $r'\{\bar{2}01\}$ annähernd normale optische Axe beinahe die gleiche Richtung für alle Farben hat, während die andere, annähernd zu $a\{100\}$ normale Axe dispergirt ist, so dass sie für Blau am weitesten von der ersten entfernt ist. Daher ist die erste Mittellinie so dispergirt, dass sie für Blau (*F*) um $\frac{1}{2}$° näher der morphologischen Axe *a* liegt, als für Roth (*Li*).

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Der scheinbare Winkel in Luft wurde für Platte 1 bei 70° für *C*-Licht 80°30', für *Na*-Licht 81°30 und für *Tl*-Licht 82°30' gefunden. Also nimmt der scheinbare Winkel in Luft für 50° Temperaturerhöhung um 9° zu, ein ungewöhnlich grosser Betrag.

Brechungsexponenten. Folgendes sind die Resultate der Bestimmungen mit sechs Prismen, deren Herstellung aus den kleinen Krystallen, welche allein genügend durchsichtig sind, ausserordentlich grosse Sorgfalt erforderte.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *KCu*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 1 Prisma	Krystall 2, 1 Prisma	Krystall 3, 2 Prismen	Krystall 4, 2 Prismen	Mittlerer Brechungsexponent
α	*Li*	—	1,4808	1,4809	1,4803	1,4807
Schwingungs-	*C*	—	1,4812	1,4814	1,4807	1,4811
richtung	*Na*	—	1,4836	1,4837	1,4835	1,4836
parallel zur	*Tl*	—	1,4863	1,4862	1,4858	1,4861
zweiten	*F*	—	1,4895	1,4893	1,4890	1,4893
Mittellinie $\mathfrak{a}$	*G*	—	1,4945	1,4942	—	1,4944
β	*Li*	1,4834	1,4836	1,4837	1,4830	1,4834
Schwingungs-	*C*	1,4838	1,4840	1,4841	1,4834	1,4838
richtung	*Na*	1,4864	1,4865	1,4866	1,4859	1,4864
parallel Sym-	*Tl*	1,4890	1,4891	1,4890	1,4886	1,4889
metrieaxe *b*	*F*	1,4923	1,4924	1,4922	1,4920	1,4922
= $\mathfrak{b}$	*G*	—	1,4977	1,4972	—	1,4975
γ	*Li*	1,4993	—	1,4992	1,4985	1,4990
Schwingungs-	*C*	1,4997	—	1,4996	1,4989	1,4994
richtung	*Na*	1,5021	—	1,5022	1,5017	1,5020
parallel zur	*Tl*	1,5048	—	1,5049	1,5044	1,5047
ersten	*F*	1,5081	—	1,5083	1,5080	1,5081
Mittellinie $\mathfrak{c}$	*G*	—	—	1,5134	—	1,5134

Die β-Werthe nach Murmann und Rotter weichen beträchtlich von den hier gegebenen ab. Sie sind für äusserstes Roth 1,488, Hellroth 1,489, Gelb 1,491, Grün 1,493, Grünlichblau 1,495 und Blau 1,498.

Der Index β, auf das Vacuum corrigirt, ist genau für irgend eine Wellenlänge bis *F* durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1,4700 + \frac{729\,070}{\lambda^2} - \frac{5\,063\,700\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Werthe von α werden nahe reproducirt, wenn man die Constante 1,4700 um 0,0028 vermindert, und die Indices γ, wenn man sie um 0,0157 vergrössert.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refraction. Die Resultate bei 70° zeigten, dass die Indices für 50° Temperaturerhöhung um 0,0020 erniedrigt werden.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die Brechungsexponenten führen zu den folgenden Verhältnissen:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0019 : 1 : 0,9896.$$

Molekulare optische Constanten.

Axe des optischen Ellipsoides		a	b	c
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,1281	0,1287	0,1322
	G.	0,1311	0,1318	0,1353
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2}\cdot\frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	56,48	56,75	58,30
	G.	57,81	58,11	59,68
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0030	0,0031	0,0031
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,33	1,36	1,38
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d}M$	C.	95,48	96,01	99,11

Diese Werthe sind unabhängig von der Temperatur, da Veränderungen der letzteren solche der Refraction und der Dichte in derselben Richtung hervorbringen.

Schwefelsaures Rubidium-Kupfer, $Rb_2Cu(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen wurden mit Krystallen ausgeführt, welche so frei wie möglich von undurchsichtigen Stellen waren und verschiedenen, aus zwei Separatpräparaten stammenden Krystallisationen angehörten. Es wurden hier dieselben Vorsichtsmassregeln befolgt, wie im Falle des Kaliumsalzes. Die Resultate sind die folgenden:

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
3,4659 g	2,5652
3,5799	2,5682
4,9711	2,5735
4,2749	2,5726
Mittel	2,5699

Perrot fand 2,58 bei 15°.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{533,4}{2,570} = 207,55.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel wurde früher $= 74°42'$ gefunden und die Axenverhältnisse:

$$a : b : c = 0,7490 : 1 : 0,5029.$$

Die Verbindung dieser mit dem Molekularvolum liefert die folgenden topischen Axenverhältnisse:

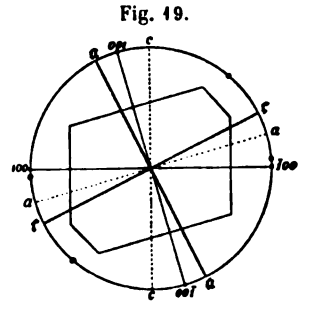
$$\chi : \psi : \omega = 6,2147 : 8,2974 : 4,1727.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zwei klare Platten, parallel der Symmetrieebene geschliffen, gaben die folgenden Auslöschungsrichtungen bezogen auf die Normale zu $c\{001\}$:

Platte 1		10° 50′
- 2		11 30
	Mittel	11° 10′

Fig. 19.



Die Neigung ist vorwärts, wie in Fig. 19 angedeutet ist. Diese Richtung ist die zweite Mittellinie; die erste Mittellinie ist die dazu senkrechte Richtung in der Symmetrieebene. Die Doppelbrechung ist positiv. Da der morphologische Winkel = 74° 42′, so ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen *ac* und ist 11° 10′ zur Axe *a* geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Winkel *ac* und ist 26° 28′ zur Verticalaxe *c* geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 101° 10′ gegen die Normale zu $c\{001\}$ und 26° 28′ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Perrot giebt die Neigung zu {001} als 102° an.

Winkel der optischen Axen. Die folgenden Messungen wurden mit drei Paaren von Platten erhalten.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *RbCu*-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel $2E$
Li	68° 56′	68° 30′	68° 22′	**68° 36′**
C	69 2	68 35	68 28	**68 42**
Na	69 19	69 0	69 5	**69 8**
Tl	69 36	69 28	69 42	**69 35**
F	70 0	70 10	70 25	**70 12**

Bestimmung des wahren opt. Axenwinkels von *RbCu*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
	1	39° 49′	1a	113° 5′	44° 24′	
Li	2	39 44	2a	112 50	44 23	**44° 26′**
	3	39 51	3a	112 40	44 32	

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
C	1	39° 50′	1a	112° 55′	44° 28′	44° 29′
	2	39 45	2a	112 43	44 26	
	3	39 52	3a	112 35	44 34	
Na	1	39 53	1a	112 15	44 40	44 42
	2	39 49	2a	112 0	44 40	
	3	39 55	3a	111 55	44 46	
Tl	1	39 57	1a	111 30	44 54	44 57
	2	39 54	2a	111 17	44 54	
	3	39 59	3a	111 10	45 2	
F	1	40 2	1a	110 40	45 12	45 15
	2	40 0	2a	110 20	45 14	
	3	40 5	3a	110 20	45 20	

Monobromnaphthalin war die Eintauchungsflüssigkeit für $2H_a$ und $2H_o$. Die Dispersionsordnung wurde durch Beobachtungen in Toluol bestätigt. Perrot fand 44° 30′ für *Na*-Licht bei Anwendung einer einzigen Platte mit Hilfe des Index β.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Toluol ergaben ferner, dass die optische Axe, welche zwischen $r'\{20\bar{1}\}$ und $s'\{10\bar{1}\}$ austritt, beinahe identisch für alle Farben ist, während die andere, zu $a\{100\}$ beinahe normale Axe so dispergirt ist, dass sie für Roth der ersten Axe näher liegt, als für Blau. Die erste Mittellinie ist daher so dispergirt, dass sie für Blau (*F*) um 15′ näher der morphologischen Axe *a* liegt, als für Roth (*Li*).

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Platte 2 wurde auf 70° erhitzt, und der scheinbare Winkel dabei 72° 45′ für *Na*-Licht gefunden. Also nimmt $2E$ für 50° Temperaturerhöhung um 3° 45′ zu.

Brechungsexponenten. Die Indices wurden mit sechs Prismen bestimmt, aus vier verschiedenen Krystallen geschliffen. Die Resultate sind in der Tabelle auf S. 199 zusammengestellt.

Die Indices β, auf das Vacuum corrigirt, sind genau für irgend eine Wellenlänge bis *F* durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1,4791 + \frac{392\,159}{\lambda^2} + \frac{726\,600\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Indices α sind sehr nahe reproducirt, wenn man die Constante 1,4791 um 0,0021 vermindert, und die Werthe γ, wenn man sie um 0,0130 vergrössert.

Bestimmung der Brechungsexponenten von *RbCu*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 1 Prisma	Krystall 3, 2 Prismen	Krystall 4, 1 Prisma	Mittlerer Brech.-exponent	Werthe von Perrot
α	*Li*	1,4858	1,4853	1,4863	1,4860	**1,4858**	—
Schwingungs-	*C*	1,4862	1,4857	1,4867	1,4868	**1,4862**	1,4859
richtung	*Na*	1,4886	1,4881	1,4892	1,4887	**1,4886**	1,4885
parallel zur	*Tl*	1,4911	1,4906	1,4917	1,4915	**1,4912**	—
zweiten	*F*	1,4943	1,4938	1,4948	1,4944	**1,4943**	1,4944
Mittellinie 𝔞	*G*	—	1,4988	1,4994	1,4990	**1,4991**	—
β	*Li*	1,4878	1,4878	1,4883	—	**1,4878**	—
Schwingungs-	*C*	1,4882	1,4877	1,4887	—	**1,4882**	1,4880
richtung	*Na*	1,4906	1,4901	1,4912	—	**1,4906**	1,4906
parallel Sym-	*Tl*	1,4932	1,4928	1,4938	—	**1,4933**	—
metrieaxe *b*	*F*	1,4966	1,4962	1,4971	—	**1,4966**	1,4968
= 𝔟	*G*	1,5012	1,5010	1,5018	—	**1,5013**	—
γ	*Li*	1,5004	—	1,5006	1,5010	**1,5007**	—
Schwingungs-	*C*	1,5008	—	1,5010	1,5014	**1,5011**	1,5008
richtung	*Na*	1,5030	—	1,5037	1,5041	**1,5036**	1,5032
parallel zur	*Tl*	1,5061	—	1,5064	1,5067	**1,5064**	—
ersten	*F*	1,5095	—	1,5098	1,5102	**1,5098**	1,5095
Mittellinie 𝔠	*G*	1,5142	—	1,5150	1,5151	**1,5148**	—

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refraction. Bestimmungen bei 70° ergaben, dass die Indices für 50° Temperaturerhöhung um 0,0015 erniedrigt werden.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die berechneten Werthe dieser Verhältnisse sind wie folgt:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0013 : 1 : 0,9914.$$

Molekulare optische Constanten. Die Brechungsexponenten führen mit Hilfe der Dichte und des Molekularvolums zu folgenden Constanten:

Axe des optischen Ellipsoides		𝔞	𝔟	𝔠
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	*C.*	0,1118	0,1122	0,1147
	G.	0,1143	0,1148	0,1174
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	*C.*	59,65	59,86	61,20
	G.	60,99	61,22	62,61
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0025	0,0026	0,0027
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,34	1,36	1,41
...fraction, $\frac{n-1}{d} M$	*C.*	100,99	101,41	104,09

ter ... ängig von der Temperatur, da, wie gezeigt
ie ... operaturerhöhung sich vermindert, d. h.
Temperatur ändert, wie die Dichte.

Schwefelsaures Cäsium-Kupfer, $Cs_2Cu(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Die Krystalle dieses Salzes sind, in dieser Hinsicht von den Kalium- und Rubidium-Kupfersalzen abweichend, leicht ganz frei von Trübungen zu erhalten. Die volumetrische, sowie auch die optische Untersuchung wurden mit vortrefflich ausgebildeten und vollkommen durchsichtigen Krystallen ausgeführt.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Vier Bestimmungen wurden mit verschiedenen, zwei unabhängigen Präparaten angehörenden Krystallisationen ausgeführt. Die Resultate sind unten gegeben.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei 20°/4°
4,3268 g	2,8500
5,0172	2,8561
4,5351	2,8535
3,4604	2,8565
Mittel	2,8540

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{628,4}{2,854} = 220,19.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel β wurde früher 73° 50′ gefunden, und die Axenverhältnisse

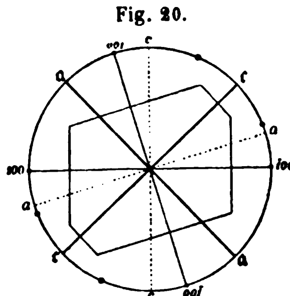
$$a : b : c = 0,7429 : 1 : 0,4946.$$

Die topischen Axenverhältnisse, aus diesen mit Hilfe des Molekularvolums hergeleitet, sind

$$\chi : \psi : \omega = 6,3481 : 8,5450 : 4,2263.$$

Optische Eigenschaften.

Fig. 20.



Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zwei Platten, parallel der Symmetrieebene geschliffen, gaben die folgenden Auslöschungswinkel, bezogen auf die Normale der Basis:

Platte 1	26° 45′
- 2	26 50
Mittel	26° 47′

Die Neigung ist vorwärts, wie in Fig. 20 angedeutet. Diese Richtung ist die zweite Mittellinie, die erste Mittellinie ist die dazu senkrechte Richtung in der Symmetrieebene. Die Dop-

pelbrechung ist positiv. Da der morphologische Axenwinkel = 73° 50′, ist die Orientirung wie folgt:

die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen *ac* und ist 26° 47′ zur morphologischen Axe *a* geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Winkel *ac* und ist 42° 57′ zur Verticalaxe *c* geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner 116° 47′ gegen die Normale zu *c*{001} und 42° 57′ gegen die Normale zu *a*{100} geneigt; sie weicht nur 27′ von der Senkrechten zu *r*′{20$\bar{1}$} ab.

Winkel der optischen Axen. Die mit sechs vortrefflichen Platten erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *CsCu*-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Mittel $2E$
Li	67° 30′	67° 25′	67° 22′	67° 26′
C	67 35	67 32	67 28	67 32
Na	68 5	68 11	68 0	68 5
Tl	68 40	68 50	68 29	68 40
F	69 27	69 40	69 5	69 24

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von *CsCu*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
Li	1	39° 3′	1a	115° 31′	43° 7′	43° 6′
	2	38 55	2a	115 30	43 0	
	3	39 6	3a	115 35	43 10	
C	1	39 4	1a	115 22	43 10	43 9
	2	38 58	2a	115 22	43 4	
	3	39 7	3a	115 27	43 12	
Na	1	39 8	1a	114 38	43 24	43 24
	2	39 7	2a	114 40	43 22	
	3	39 11	3a	114 45	43 25	
Tl	1	39 13	1a	113 47	43 40	43 40
	2	39 16	2a	113 56	43 41	
	3	39 15	3a	113 52	43 40	
F	1	39 21	1a	112 35	44 4	44 3
	2	39 30	2a	113 0	44 7	
	3	39 20	3a	112 52	43 59	

Monobromnaphthalin wurde als Eintauchungsflüssigkeit angewendet. Die Dispersionsordnung wurde durch Beobachtungen in Cedernöl bestätigt, dessen Brechungsexponent in der Nähe des mittleren des Krystalles ist.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Cedernöl ergaben, dass die der morphologischen Axe a beinahe parallele optische Axe praktisch identisch für alle Farben ist, während die andere so dispergirt ist, dass sie für Blau weiter von der festen Axe, als für Roth, entfernt ist. Also ist die erste Mittellinie so dispergirt, dass sie für Roth um 20′—25′ näher der morphologischen Axe a, als für Blau, liegt. Es ist zu bemerken, dass das einzige andere Salz der Reihe, welches diese Dispersionsordnung zeigt, das Cäsium-Magnesiumsalz ist, und dass in beiden Fällen diese Umkehrung der gewöhnlichen Ordnung von einem ausserordentlich kleinen optischen Axenwinkel begleitet ist, d. h. von einer sehr geringen Verschiedenheit der Brechungsexponenten α und β.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Platte 2 wurde auf 70° erhitzt, wobei der scheinbare Winkel in Luft 66° 40′ für *Na*-Licht maass. Also nimmt $2E$ für 50° Temperaturerhöhung um $1\frac{1}{3}$° ab.

Brechungsexponenten. Sieben vortreffliche Prismen wurden aus vier Krystallen geschliffen; diese gaben die in der Tabelle zusammengestellten Resultate.

Bestimmungen der Brechungsexponenten von *CsCu*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1, 1 Prisma	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 2 Prismen	Krystall 4, 2 Prismen	Mittlerer Brechungsexponent
α	*Li*	—	1,5018	1,5017	1,5017	**1,5017**
Schwingungs-	*C*	—	1,5022	1,5021	1,5020	**1,5021**
richtung	*Na*	—	1,5049	1,5048	1,5047	**1,5048**
parallel zur	*Tl*	—	1,5075	1,5074	1,5074	**1,5074**
zweiten	*F*	—	1,5109	1,5108	1,5107	**1,5108**
Mittellinie $\mathfrak{a}$	*G*	—	1,5160	1,5155	1,5163	**1,5159**
β	*Li*	1,5030	1,5035	1,5033	1,5030	**1,5032**
Schwingungs-	*C*	1,5034	1,5039	1,5037	1,5034	**1,5036**
richtung	*Na*	1,5059	1,5064	1,5062	1,5060	**1,5061**
parallel Sym-	*Tl*	1,5085	1,5091	1,5090	1,5089	**1,5089**
metrieaxe b	*F*	1,5120	1,5126	1,5123	1,5122	**1,5123**
$= \mathfrak{b}$	*G*	1,5171	1,5175	1,5171	1,5179	**1,5174**
γ	*Li*	1,5120	1,5125	1,5121	1,5122	**1,5122**
Schwingungs-	*C*	1,5124	1,5128	1,5125	1,5126	**1,5126**
richtung	*Na*	1,5151	1,5156	1,5153	1,5153	**1,5153**
parallel zur	*Tl*	1,5179	1,5185	1,5178	1,5179	**1,5180**
ersten	*F*	1,5215	1,5220	1,5213	1,5214	**1,5216**
Mittellinie $\mathfrak{c}$	*G*	1,5268	1,5268	1,5266	1,5263	**1,5266**

Die Indices β, auf das Vacuum corrigirt, sind genau für irgend eine Wellenlänge bis in die Nähe von G durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4940 + \frac{417147}{\lambda^2} + \frac{580\,700\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Indices α sind sehr nahe reproducirt, wenn man die Constante 1,4940 um 0,0015 vermindert, und die Indices γ, wenn man sie um 0,0091 vergrössert.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refraction. Bestimmungen bei 70° ergaben die Brechungsindices ungefähr 0,0016 niedriger als bei gewöhnlicher Temperatur.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Diese Verhältnisse sind wie folgt:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1{,}0009 : 1 : 0{,}9939.$$

Molekulare optische Constanten.

Axe des optischen Ellipsoides		a	b	c
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	$C.$	0,1035	0,1037	0,1053
	$G.$	0,1059	0,1061	0,1077
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	$C.$	65,04	65,20	66,18
	$G.$	66,54	66,70	67,69
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0024	0,0024	0,0024
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,50	1,50	1,51
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	$C.$	110,64	110,97	112,96

Diese Werthe sind praktisch constant für alle Temperaturen, bei denen das Salz existenzfähig ist, da die Refraction und die Dichte in ähnlicher Weise von der Temperaturänderung berührt werden.

Cadmiumsalze.

Weitere Versuche, schwefelsaures Kalium-Cadmium darzustellen, sind fruchtlos gewesen.

Schwefelsaures Rubidium-Cadmium, $Rb_2Cd(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Die Untersuchung dieses Salzes bot beträchtliche Schwierigkeiten dar wegen dessen in der früheren Mittheilung erwähnten Eigenschaft, äusserst schnell zu verwittern; die Krystalle werden in wenigen Minuten nach ihrer Entfernung aus der Mutterlauge ganz undurchsichtig.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Um dieses zu bestimmen, wurde der Kunstgriff angewendet, das Salz unter Tetrachlorkohlenstoff, als der bei den Bestimmungen angewandten Flüssigkeit, zu wägen. Es war vorher gefunden worden, dass die Krystalle, wenn sie in Benzol oder Tetrachlorkohlenstoff getaucht sind, ihre Durchsichtigkeit einige Tage behalten. Vier Präparate, aus sehr schönen, durchsichtigen Krystallen bestehend, wurden angewandt. Jedesmal wurden die Krystalle schnell auf Filtrirpapier getrocknet, sobald sie aus der Mutterlauge entfernt waren, und alsdann augenblicklich unter Benzol gebracht, dann zunächst mit mehreren Portionen reinen Benzols gewaschen, um Spuren von Wasser zu entfernen. Zwei oder drei wurden nun gleichzeitig herausgenommen, auf Filtrirpapier schnell getrocknet, ungefähr zwei Minuten an der Luft gelassen, um die letzten Spuren von Benzol durch Verdunsten zu verlieren, dann so schnell wie möglich im Achatmörser zerrieben und jedesmal in das Pyknometer übertragen, welches schon eine bekannte Menge Tetrachlorkohlenstoffes enthielt, genügend, um das Pulver zu bedecken. Wenn in dieser Weise eine ausreichende Quantität eingeführt war, wurden der Stöpsel und die Kappe wieder angebracht, das Ganze in das Gestell aus Messingdraht gesetzt und nach der gewöhnlichen Pause gewogen. Eine kleine Berichtigung wurde angebracht auf Grund eines Controlversuches mit der Flüssigkeit allein, für den geringen Verlust an Tetrachlorkohlenstoff durch Verdunstung während des Eintragens des Salzes in das Pyknometer. Die anderen kleinen Fehler, bewirkt durch Spuren von Wasser oder Benzol auf der einen Seite, durch geringe Verwitterung während des Zerreibens auf der anderen, wirken auf die Dichte in entgegengesetzter Weise und neutralisiren also einander. Die erhaltenen Resultate sind wie folgt.

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei $20^0/4^0$
4,2949 g	2,6726
2,5409	2,6712
3,8547	2,6677
3,0104	2,6744
Mittel	2,6715

Perrot fand die Dichte ungefähr 2,70.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{582,4}{2,672} = 217,96.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel β wurde früher $74^0 7'$ gefunden und die Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,7346 : 1 : 0,4931.$$

Die Verbindung dieser mit dem Molekularvolum liefert die folgenden topischen Verhältnisse:

$$\chi : \psi : \omega = 6,2828 : 8,5526 : 4,2174.$$

Optische Untersuchungen.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Zahlreiche Versuche, ganz durchsichtige Platten herzustellen, misslangen; alle verwitterten so schnell während des Schleifens, dass sie vollendet ganz weiss waren. Die Orientirung der Hauptschwingungsrichtungen wurde daher bestimmt durch Eintauchen frischer, durchsichtiger Krystalle in Toluol, dessen Brechungsexponent beinahe gleich dem mittleren des Krystalles ist; es wurde hierzu eine Goniometervorrichtung mit Flüssigkeitsgefäss benutzt, welche zu dem Tische eines Swift'schen petrographischen Mikroskopes gehörte. Der Krystall wurde so orientirt, dass seine Symmetrieebene parallel dem Tische war, und die Kante (110):(010) wurde scharf und parallel einem der Fäden eingestellt, um sie als Bezugsrichtung zu verwenden. Der Auslöschungswinkel gegen diese Kante wurde dann in der gewöhnlichen Weise bestimmt und die Messung wiederholt, nachdem der Krystall um 180° gedreht worden war, um eine etwaige Abweichung im Parallelismus zwischen Fäden und Nicolprismen zu eliminiren. Es wurde übereinstimmend gefunden, dass die Auslöschungsschiefe gegen jene Kante ungefähr 16° beträgt, und zwar (innerhalb des Fehlers von Stauroskopbestimmungen) genau normal zur Basis, d. h. zur Kante (001):(011). Perrot fand dasselbe Resultat, beschreibt aber die Versuchsmethode nicht. Diese Richtung ist die zweite Mittellinie; die erste ist die dazu senkrechte Richtung in der Symmetrieebene, wie in Fig. 21 gezeigt ist. Das Zeichen der Doppelbrechung ist positiv. Da der Axenwinkel $ac = 74°7'$, ist die Orientirung wie folgt:

Fig. 21.

- die erste Mittellinie $\mathfrak{c}$ ist identisch mit der morphologischen Axe a,
- die zweite Mittellinie $\mathfrak{a}$ liegt im stumpfen Winkel der morphologischen Axen ac; sie ist genau normal zu $c\{001\}$ und $15°53'$ zur Verticalaxe c geneigt,
- die erste Mittellinie ist folglich genau 90° gegen die Normale zu $c\{001\}$ und $15°53'$ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Die obige Methode, durch Eintauchen in eine Flüssigkeit, welche dieselben Brechungsexponenten wie der Krystall besitzt, Auslöschungsrichtungen zu bestimmen, ist in letzter Zeit von Klein (Sitz.-Ber. Berlin. Akad.

1895, 5, 91) beschrieben worden. Der Verf. hat dieselbe in schwierigen Fällen schon seit Jahren gebraucht, und der gegenwärtige Fall liefert ein vortreffliches Beispiel des Werthes dieser Methode. Die durch die Kanten des Krystalles bewirkte Brechung in einem solchen Medium übt keinen störenden Einfluss auf die Beobachtungen aus, und der Krystall verhält sich wie eine planparallele Platte.

Winkel der optischen Axen. Dieselbe Methode wurde auch gebraucht, um den wahren Winkel der optischen Axen zu bestimmen. Zwei Flüssigkeiten, Terpentinöl und Toluol, wurden angewandt, deren Brechungsexponenten nur etwas niedriger resp. höher, als der mittlere des Krystalles waren, und das Mittel der beiden Winkel wurde als wahrer Winkel betrachtet. Da die zweite Mittellinie senkrecht zu den gut entwickelten Flächen der Basis ist, wurde durch diese der stumpfe Winkel der Axen direct beobachtet. Ganz frische und durchsichtige Krystalle wurden zuerst mit Benzol gewaschen und nachher in Toluol gemessen; da dieses flüchtig ist, trocknet der Krystall nach seiner Entfernung aus dem Flüssigkeitsgefässe sehr schnell, so dass man fast unmittelbar darnach ihn in Terpentinöl messen kann. Die Resultate sind unten gegeben.

Natur des Lichtes:	Nr. des Krystalles:	Winkel in Toluol:	Winkel in Terpentinöl:	Mittlere Werthe:	Mittlerer stumpfer Winkel:	Mittlerer spitzer Winkel $2V_a$
Li	1	106°30′	108°48′	107°39′	107°40′	72°20′
	2	106 36	108 55	107 46		
	3	106 33	108 35	107 34		
C	1	106 28	108 48	107 38	107 39	72 21
	2	106 35	108 55	107 45		
	3	106 32	108 35	107 33		
Na	1	106 16	108 46	107 31	107 34	72 26
	2	106 27	108 54	107 40		
	3	106 27	108 34	107 30		
Tl	1	106 8	108 44	107 26	107 29	72 31
	2	106 21	108 51	107 36		
	3	106 21	108 32	107 26		
F	1	105 56	108 41	107 18	107 23	72 37.
	2	106 14	108 49	107 31		
	3	106 14	108 29	107 21		

Perrot hat den Winkel mit zwei natürlichen Platten parallel (201̄) bestimmt, unter Benutzung der indirecten Methode, und die Werthe 71°59′ und 72°15′ gefunden.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in beiden Flüssigkeiten zeigten, dass die zweite Mittellinie so dispergirt ist, dass sie für *F*

um 10′ näher der Verticalaxe des Krystalles liegt, als für *Li*, und dass folglich die erste Mittellinie für Blau um denselben Betrag näher der Normale zu $a\{100\}$ liegt, als für Roth. Die beiden Axen zeigen Dispersion, aber diejenige zwischen $r'\{20\bar{1}\}$ und $s'\{10\bar{1}\}$ am geringsten.

Brechungsexponenten. Da glücklicherweise bei diesem Salze die Ebene $\mathfrak{bc}$ parallel der Basis ist, wurden drei frische, durchsichtige Krystalle mit gross entwickelten Flächen des Klinodomas $q\{011\}$ als Prismen für die Bestimmung von β und γ gebraucht. Um die Verwitterung zu verhindern und auch irgend welche Unvollkommenheiten der Flächen zu beseitigen, wurden die Prismenflächen mit dünnen Deckgläsern bedeckt und diese mit hartem Balsam in Benzol gekittet. Vier andere Prismen wurden, durch Schleifen hergestellt, so orientirt, dass sie α und β lieferten. Dies wurde durch ein specielles Verfahren erreicht. Der Krystall wurde nur an einem Theile, welcher so weit als möglich von dem für das Prisma gebrauchten Theile entfernt war, mit Wachs an dem Krystallhalter befestigt; sobald die goniometrische Justirung vollendet war, wurde der ganze freie Krystall mit Balsamlösung bedeckt, um die Verwitterung zu verhindern. Mit Poliren wurde keine Zeit verloren, sondern die erste Prismenoberfläche sofort nach ihrer Vollendung ebenfalls mit der Balsamlösung bedeckt, nach dem Schliffe der zweiten Fläche der ganze Krystall durch Eintauchen in Benzol vom Wachs befreit und die Prismenoberflächen dann augenblicklich mit Deckgläsern versehen. Eines dieser Prismen wurde aus einem der drei Krystalle geschliffen, welche vorher für die Bestimmung von β und γ gebraucht worden waren.

Die von den sieben Prismen gelieferten Resultate sind in der Tabelle auf S. 208 gegeben.

Der Index β, auf das Vacuum corrigirt, ist genau für irgend eine Wellenlänge bis F durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4706 + \frac{602\,672}{\lambda^2} - \frac{3\,327\,400\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Der Index α ist nahe reproducirt, wenn man die Constante 1,4706 um 0,0048 vermindert, und der Index γ, wenn man sie um 0,0100 vergrössert.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die Indices liefern die folgenden Verhältnisse:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1{,}0034 : 1 : 0{,}9933.$$

Molekulare optische Constanten. Die berechneten Werthe dieser Constanten sind:

		$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
Axe des optischen Ellipsoides		a	b	c
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,1060	0,1068	0,1087
	G.	0,1084	0,1093	0,1113

Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	61,71	62,23	63,31
	G.	63,13	63,66	64,81
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0024	0,0025	0,0026
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,42	1,43	1,50
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	C.	104,21	105,23	107,39

Bestimmung der Brechungsexponenten von *RbCd*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Kryst. 1 2 Prismen	Krystall 2	Krystall 3	Krystall 4	Krystall 5	Krystall 6	Mittlerer Brech.-Exponent	Werthe von Perrot
α	*Li*	1,4774	—	1,4771	1,4773	1,4774	—	**1,4773**	—
Schwingungs-	*C*	1,4778	—	1,4775	1,4777	1,4778	—	**1,4777**	1,4773
richtung	*Na*	1,4798	—	1,4797	1,4797	1,4800	—	**1,4798**	1,4800
parallel zur	*Tl*	1,4823	—	1,4821	1,4824	1,4825	—	**1,4823**	—
zweiten	*F*	1,4856	—	1,4854	1,4857	1,4859	—	**1,4856**	1,4856
Mittellinie $\mathfrak{a}$	*G*	1,4906	—	—	—	—	—	**1,4906**	—
β	*Li*	1,4824	1,4816	1,4821	1,4826	1,4816	1,4820	**1,4820**	—
Schwingungs-	*C*	1,4828	1,4820	1,4824	1,4829	1 4820	1,4824	**1,4824**	—
richtung	*Na*	1,4852	1,4842	1,4849	1,4852	1,4844	1,4848	**1,4848**	1,4851
parallel Sym-	*Tl*	1,4876	1,4868	1,4872	1,4876	1,4867	1,4872	**1,4872**	—
metrieaxe *b*	*F*	1,4909	1,4900	1,4903	1,4909	1,4904	1,4905	**1,4905**	1,4908
= $\mathfrak{b}$	*G*	1,4955	—	—	—	—	—	**1,4955**	—
γ	*Li*	1,4923	1,4915	—	—	—	1,4919	**1,4919**	—
Schwingungs-	*C*	1,4927	1,4919	—	—	—	1,4923	**1,4923**	—
richtung	*Na*	1,4952	1,4943	—	—	—	1,4948	**1,4948**	1,4952
parallel zur	*Tl*	1,4976	1,4969	—	—	—	1,4972	**1,4972**	—
ersten	*F*	1,5012	1,5001	—	—	—	1,5008	**1,5007**	—
Mittellinie c	*G*	1,5061	—	—	—	—	—	**1,5061**	—

Schwefelsaures Cäsium-Cadmium, $Cs_2Cd(SO_4)_2.6H_2O$.

Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ vollkommen.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Die Krystalle dieses Salzes sind nicht annähernd so unbeständig, wie die des Rubidium-Cadmiumsalzes, aber nach einigen Stunden beginnen auch sie zu verwittern. Um jeden Fehler zu vermeiden, wurde die zerriebene Substanz unter Tetrachlorkohlenstoff gewogen, wie beim Rubidiumsalz. Vier Krystallisationen frisch dargestellter, vollkommen durchsichtiger Krystalle, aus zwei unabhängigen Präparaten stammend, wurden angewandt und gaben die folgenden Resultate:

Angewandte Salzmenge:	Spec. Gew. bei $20^0/4^0$
2,4589 g	2,9551
1,8953	2,9559
3,8114	2,9535
3,8658	2,9561
Mittel	2,9552

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{677,4}{2,955} = 229,24.$

Topische Axenverhältnisse. Der Axenwinkel β wurde früher $72^0 49'$ gefunden, und die Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,7259 : 1 : 0,4906.$$

Die Verbindung dieser mit dem Molekularvolum giebt die folgenden topischen Axenverhältnisse:

$$\chi : \psi : \omega = 6,3638 : 8,7668 : 4,3010.$$

Optische Eigenschaften.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoides. Durchsichtige Platten dieses Salzes wurden erhalten durch Aufkitten der ersten geschliffenen Oberfläche mit Balsamlösung auf eine der kleinen runden Glasplatten, welche dem Krystallhalter des Schleifapparates zur Herstellung paralleler Flächen beigegeben sind, Bedecken des ganzen Krystalles mit Balsamlösung, welche man über Nacht erhärten liess, endlich Schleifen der zweiten Oberfläche am nächsten Morgen. Zwei so geschliffene Platten parallel der Symmetrieebene gaben Auslöschungswinkel von $9^0 45'$ gegen die Normale zu $c\{001\}$ nach vorn geneigt, wie in Fig. 22 angedeutet ist. Das Zeichen der Doppelbrechung ist positiv. Da der Winkel $a : c = 72^0 49'$, ist die Orientirung wie folgt:

Fig. 22.

die erste Mittellinie c liegt im spitzen Winkel der morphologischen Axen ac und ist $9^0 45'$ zur Axe a geneigt,

die zweite Mittellinie a liegt im stumpfen Winkel ac und ist $26^0 56'$ zur Verticalaxe c geneigt,

die erste Mittellinie ist ferner $99^0 45'$ gegen die Normale zu $c\{001\}$ und $26^0 56'$ gegen die Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

Winkel der optischen Axen. Drei Paare von Schnittplatten wurden in der eben beschriebenen Weise hergestellt und lieferten die in den

folgenden Tabellen gegebenen Messungen. Platte 2 zeigte die Axen in nicht, da sie schmal im Vergleich mit ihrer, wegen der schwachen Dop brechung nothwendigen, beträchtlichen Dicke war.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von *CsCd*-Sulfat in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 2	Mittel 2*E*
Li	114°20′	114°45′	114°32′
C	114 15	114 40	114 27
Na	113 51	114 18	114 4
Tl	113 27	113 50	113 38
F	112 55	113 20	113 7

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von *CsCd*-Sulfat.

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
	1	60°58′	1a	97°21′	68° 4′	
Li	2	60 36	2a	97 8	67 53	68° 4′
	3	60 55	3a	96 55	68 14	
	1	60 53	1a	97 17	68 2	
C	2	60 32	2a	97 4	67 51	68 2
	3	60 50	3a	96 48	68 12	
	1	60 30	1a	96 57	67 52	
Na	2	60 10	2a	96 45	67 42	67 53
	3	60 33	3a	96 30	68 6	
	1	60 4	1a	96 37	67 40	
Tl	2	59 49	2a	96 20	67 35	67 44
	3	60 12	3a	96 11	67 57	
	1	59 25	1a	95 57	67 26	
F	2	59 15	2a	95 50	67 20	67 28
	3	59 35	3a	95 43	67 39	

Monobromnaphthalin war die Eintauchungsflüssigkeit. Die Dispersi ordnung wurde durch Beobachtungen in Benzol bestätigt, dessen Br ungsindex beinahe gleich dem mittleren des Krystalles ist.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Benzol zei ferner, dass die erste Mittellinie um 10′—15′ näher der morphologisc Axe *a* für Blau, als für Roth ist. Die beiden Axen zeigten Dispersion, zu *a*{100} beinahe normale Axe viel weniger, als die andere.

Brechungsexponenten. Es gelang, sechs durchsichtige Prismen aus sechs verschiedenen Krystallen herzustellen, indem diese nur an jenen Theilen, welche weit von den zu schleifenden Flächen entfernt waren, mit Wachs am Krystallhalter befestigt wurden, und dann die zuerst geschliffene Fläche dick mit Balsam während des Schleifens der zweiten Oberfläche bedeckt wurde. Die Prismenflächen wurden, sobald der Schliff derselben vollendet war, mit Deckgläsern versehen. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Bestimmung der Brechungsindices von *CsCd*-Sulfat.

Index	Natur des Lichtes	Krystall 1	Krystall 2	Krystall 3	Krystall 4	Krystall 5	Krystall 6	Mittlerer Brech.-exponent
α	*Li*	—	1,4947	1,4944	1,4950	1,4953	1,4943	1,4947
Schwingungs-	*C*	—	1,4950	1,4946	1,4952	1,4957	1,4949	1,4951
richtung	*Na*	—	1,4973	1,4970	1,4977	1,4982	1,4973	1,4975
parallel zur	*Tl*	—	1,5000	1,4995	1,5001	1,5007	1,4998	1,5000
zweiten	*F*	—	1,5032	1,5027	1,5036	1,5039	1,5033	1,5033
Mittellinie 𝔞	*G*	—	1,5080	1,5076	1,5083	1,5086	—	1,5081
β	*Li*	1,4967	—	—	1,4977	—	1,4971	1,4972
Schwingungs-	*C*	1,4971	—	—	1,4981	—	1,4976	1,4976
richtung	*Na*	1,4997	—	—	1,5003	—	1,4999	1,5000
parallel Sym-	*Tl*	1,5022	—	—	1,5030	—	1,5026	1,5026
metrieaxe *b*	*F*	1,5054	—	—	1,5062	—	1,5057	1,5058
= 𝔟	*G*	—	—	—	1,5109	—	1,5103	1,5106
γ	*Li*	1,5029	1,5035	1,5030	—	1,5041	—	1,5034
Schwingungs-	*C*	1,5033	1,5038	1,5034	—	1,5045	—	1,5038
richtung	*Na*	1,5057	1,5064	1,5058	—	1,5068	—	1,5062
parallel zur	*Tl*	1,5081	1,5091	1,5084	—	1,5096	—	1,5088
ersten	*F*	1,5122	1,5124	1,5118	—	1,5129	—	1,5123
Mittellinie 𝔠	*G*	—	1,5170	1,5168	—	1,5178	—	1,5172

Die Indices β, auf das Vacuum corrigirt, sind genau für irgend eine Wellenlänge bis *F* durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1,4876 + \frac{462\,311}{\lambda^2} - \frac{621\,000\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Indices α werden sehr nahe durch die Formel wiedergegeben, wenn man die Constante 1,4876 um 0,0025 vermindert, und die Werthe von γ, wenn man sie um 0,0062 vergrössert.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoides. Die Indices liefern die folgenden Verhältnisse:

$$\mathfrak{a} : \mathfrak{b} : \mathfrak{c} = 1,0017 : 1 : 0,9959.$$

Molekulare optische Constanten. Die Indices, mit der Dichte und dem Molekulargewichte verbunden, geben die folgenden Constanten:

Axe des optischen Ellipsoides		a	b	c
Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$	C.	0,0987	0,0992	0,1002
	G.	0,1010	0,1014	0,1025
Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$	C.	66,91	67,19	67,91
	G.	68,39	68,67	69,42
Specifische Dispersion, $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		0,0023	0,0022	0,0023
Molekulare Dispersion, $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		1,48	1,48	1,51
Molekulare Refraction, $\frac{n-1}{d} M$	C.	113,59	114,16	115,58

Vergleichung der Resultate.

Spaltbarkeit.

Es ist gefunden worden, dass sämmtliche Salze der Reihe eine gemeinschaftliche Spaltbarkeit parallel dem Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ besitzen; dieselbe ist eine sehr vollkommene.

Volumverhältnisse.

Specifisches Gewicht. Eine vergleichende Tabelle der gefundenen Dichten ist unten gegeben. Dieselben sind nach dem zweiten Metall, und zwar nach steigendem Atomgewichte desselben, geordnet.

Relative Dichte der Salze der Reihe.

Zweites Metall *M*	Atomgewicht von *M*	Dichte des *K*-Salzes	Differenz zwischen *K*- und *Rb*-Salzen	Dichte des *Rb*-Salzes	Differenz zwischen *Rb*- und *Cs*-Salzen	Dichte des *Cs*-Salzes
Mg	24,0	2,028	0,354	2,382	0,288	2,670
Mn	55,0	—	—	2,459	0,279	2,738
Fe	56,0	2,169	0,347	2,516	0,275	2,791
Ni	58,9 (Winkler)	2,233	0,350	2,583	0,282	2,865
Co	59,6 (Winkler)	2,212	0,345	2,557	0,280	2,837
Cu	63,0	2,224	0,346	2,570	0,284	2,854
Zn	65,0	2,241	0,343	2,584	0,283	2,867
Cd	112,0	—	—	2,672	0,283	2,955

Daraus ergeben sich die nachstehenden Schlussfolgerungen:

Das specifische Gewicht nimmt in der ganzen Reihe jedesmal um einen approximativ constanten Betrag zu, wenn Ka-

lium durch Rubidium und wenn letzteres durch Cäsium ersetzt wird. Die Differenz, welche die erste Ersetzung verursacht, ist grösser als diejenige bei der zweiten, und zwar im Verhältniss 5 : 4.

Eine Zunahme des specifischen Gewichts begleitet gewöhnlich die Ersetzung des zweiten Metalls durch eines von höherem Atomgewicht. Die Nickelsalze folgen jedoch dieser Regel nicht, indem sie eine höhere Dichte besitzen, als die entsprechenden Kobaltsalze. Dies ist nicht durch die Anwesenheit von Verunreinigungen verursacht, denn es wurde bei der Darstellung Salz aus zwei verschiedenen Quellen angewandt, ohne dass eine bemerkbare Differenz der Dichte beobachtet wurde; ausserdem lieferten die Doppelsalze ganz befriedigende analytische Resultate. Eine ganz ähnliche Thatsache zeigen die entsprechenden, von Topsöe und Christiansen untersuchten Selenate, denn das spec. Gew. des *KMg*-Salzes ist 2,336, des *KNi*-Salzes 2,539, des *KCo*-Salzes 2,514, des *KCu*-Salzes 2,527 und des *KZn*-Salzes 2,538. Daher muss hier eine den *Ni*-Salzen wirklich zukommende Eigenschaft vorliegen. Alle diese durch Ersetzung des zweiten Metalls hervorgebrachten Differenzen sind viel geringer im Betrage als diejenigen, welche durch Vertauschungen der Alkalimetalle verursacht werden.

Die Thatsache, dass die Differenz zwischen dem Kupfer-Kalium- und dem Kupfer-Rubidiumsalze ungefähr dem Durchschnitt für die Reihe gleich ist, liefert eine befriedigende Bestätigung für die Richtigkeit der Bestimmung der Dichte des *KCu*-Salzes.

Molekularvolum. Es ist zunächst eine Tabelle gegeben, in welcher die Molekularvolumina in ähnlicher Weise verglichen sind.

Molekularvolumina der Salze der Reihe.

Zweites Metall *M*	Molekularvolum des *K*-Salzes	Differenz zwischen *K*- und *Rb*-Salzen	Molekularvolum des *Rb*-Salzes	Differenz zwischen *Rb*- und *Cs*-Salzen	Molekularvolum des *Cs*-Salzes	Differenz zwischen *K*- und *Cs*-Salzen
Mg	198,23	9,33	207,56	13,19	220,75	22,52
Mn	—	—	213,66	12,93	226,59	—
Fe	200,09	9,13	209,22	13,42	222,64	22,55
Ni	195,65	9,27	204,92	12,99	217,91	22,26
Co	197,83	9,45	207,28	13,02	220,30	22,47
Cu	198,29	9,26	207,55	12,64	220,19	21,90
Zn	197,68	9,52	207,20	12,68	219,88	22,20
Cd	—	—	217,96	11,28	229,24	—

Die wichtigsten Thatsachen, welche sich aus dieser Tabelle ergeben, sind die folgenden:

Eine Zunahme des Molekularvolums tritt ein, wenn Kalium durch Rubidium oder letzteres durch Cäsium ersetzt wird. Der

Betrag der Zunahme ist approximativ constant für jede der zwei specifischen Veränderungen; die Ersetzung von Kalium durch Rubidium ist immer von einer Zunahme von ungefähr 9,3 Einheiten begleitet, während der Eintritt von Cäsium für Rubidium von der relativ grösseren Zunahme von ungefähr 13 Einheiten begleitet ist.

Eine ähnliche Beziehung zeigen die Atomvolumina der Alkalimetalle selbst; die Differenz zwischen denjenigen von Rubidium (56,3) und Kalium (45,5) ist 10,8, während die Differenz zwischen denjenigen von Cäsium (70,7) und Rubidium 14,4 ist.

Für die Wirkung der Ersetzung des zweiten Metalls durch ein anderes von verschiedenem Atomgewichte scheint keine derartige bestimmte Regel zu gelten. In den Fällen der *Mg*, *Zn*, *Co* und *Cu* enthaltenden Doppelsalze ist die Wirkung Null, denn die Molekularvolumina jeder dasselbe Alkalimetall enthaltenden Gruppe sind beinahe gleich. Die *Fe* und *Ni* enthaltenden Salze zeigen dagegen immer Molekularvolumina, welche ungefähr zwei Einheiten höher resp. niedriger sind, als die Werthe für die vier eben erwähnten Salzgruppen. Topsöe und Christiansen fanden ferner, dass die entsprechenden Kaliumselenate, welche *Mg*, *Zn*, *Co* und *Cu* enthalten, beinahe identische Molekularvolumina besassen, während das Volum des *Ni*-Salzes zwei Einheiten höher war. Für die *Mn* und *Cd* enthaltenden Salze sind beträchtlich höhere Molekularvolumina gefunden worden; und zwar scheint diese Thatsache mit der Unmöglichkeit der Darstellung der *KMn*- und *KCd*-Salze in Verbindung zu stehen.

Die folgende Schlussfolgerung fasst die wichtigsten Punkte betreffs des zweiten Metalls zusammen:

Die Grösse des Molekularvolums ist in erster Linie eine Function des Alkalimetalls *R*; Ersetzung des zweiten Metalls *M* ist von einer relativ geringen Volumveränderung begleitet. Zum Beispiel: Obgleich die Differenz zwischen den Atomgewichten von Magnesium und Zink oder Kupfer beinahe dieselbe wie diejenige zwischen Kalium und Rubidium oder Rubidium und Cäsium ist, ist doch die maximale Veränderung, welche durch Vertauschung der ersten drei Metalle hervorgebracht wird, weniger als eine Einheit, während die Beträge der Veränderungen, welche durch Vertauschung der letztgenannten Metalle hervorgebracht werden, die in der vorhergehenden Schlussfolgerung gegebenen sind, und wenn Kalium durch Cäsium ersetzt wird, beträgt die Volumveränderung nicht weniger als 22 Einheiten.

Topische Axenverhältnisse. In der folgenden Tabelle sind ausser den topischen Axenverhältnissen, so wie sie nach den in der Einleitung

gegebenen Formeln berechnet wurden, auch diejenigen Werthe angegeben (rechts), welche man erhält, wenn man die Werthe für alle drei Salze jeder Gruppe durch den Werth von ψ für das Kaliumsalz dividirt, wie es im Falle der einfachen normalen Sulfate geschah. Die so erhaltenen einfacheren Werthe werden natürlich in derselben Beziehung zu einander stehen, wie die grösseren Werthe.

Vergleichungstabelle der topischen Axenverhältnisse.

Salz:	χ (Diff.:)	: ψ (Diff.:)	: ω (Diff.:)	oder χ (Diff.:)	: ψ (Diff.:)	: ω (Diff.:)
KMg	6,0881	: 8,2128	: 4,1006	0,7413	: 1	: 0,4998
	1060	1577	637	129	192	78
RbMg	6,1941	: 8,3705	: 4,1643	0,7542	: 1,0192	: 0,5071
	837	2541	1014	102	309	123
CsMg	6,2778	: 8,6246	: 4,2657	0,7644	: 1,0501	: 0,5194
Totaldiff.:	1897	4118	1651	231	501	201
KZn	6,0618	: 8,1773	: 4,1247	0,7413	: 1	: 0,5044
	978	1770	616	120	216	75
RbZn	6,1596	: 8,3548	: 4,1863	0,7533	: 1,0216	: 0,5119
	1002	2515	821	122	308	101
CsZn	6,2598	: 8,6058	: 4,2684	0,7655	: 1,0524	: 0,5220
Totaldiff.:	1980	4285	1437	242	524	176
KFe	6,0789	: 8,2336	: 4,1332	0,7377	: 1	: 0,5020
	1093	1481	610	133	180	74
RbFe	6,1882	: 8,3817	: 4,1942	0,7510	: 1,0180	: 0,5094
	974	2680	900	118	325	109
CsFe	6,2806	: 8,6497	: 4,2842	0,7628	: 1,0505	: 0,5203
Totaldiff.:	2067	4161	1510	251	505	183
KNi	6,0842	: 8,1775	: 4,1051	0,7379	: 1	: 0,5020
	872	1509	774	107	185	95
RbNi	6,1214	: 8,3284	: 4,1825	0,7486	: 1,0185	: 0,5115
	1075	2396	878	131	293	107
CsNi	6,2289	: 8,5680	: 4,2703	0,7617	: 1,0478	: 0,5222
Totaldiff.:	1947	3905	1652	238	478	202
KCo	6,0625	: 8,1881	: 4,1243	0,7404	: 1	: 0,5087
	1093	1624	601	134	198	73
RbCo	6,1718	: 8,3505	: 4,1844	0,7538	: 1,0198	: 0,5110
	877	2596	931	107	318	114
CsCo	6,2595	: 8,6101	: 4,2775	0,7645	: 1,0516	: 0,5224
Totaldiff.:	1970	4220	1532	241	516	187
KCu	6,0893	: 8,1800	: 4,1366	0,7490	: 1	: 0,5088
	1254	1674	361	154	206	45
RbCu	6,2147	: 8,2974	: 4,1727	0,7644	: 1,0206	: 0,5133
	1334	2476	536	164	304	65
CsCu	6,3481	: 8,5450	: 4,2263	0,7808	: 1,0510	: 0,5198
Totaldiff.:	2588	4150	897	318	510	110
RbMn	6,2542	: 8,4723	: 4,1938			
	899	2494	912			
CsMn	6,3441	: 8,7217	: 4,2850			
RbCd	6,2828	: 8,5526	: 4,2174			
	810	2142	836			
CsCd	6,3638	: 8,7668	: 4,3010			

Es wurde in der Mittheilung über die Morphologie der Reihe gezeigt, dass die Axenverhältnisse nicht im Stande sind, die Veränderung der geometrischen Gestalt in Folge der Ersetzung eines Metalls durch ein anderes klar anzudeuten, wegen der gleichzeitigen und einander neutralisirenden Veränderungen der bestimmenden Flächenwinkel. Es wurde jedoch beobachtet, dass in jeder Gruppe von drei Salzen die Verhältnisse für das Rubidiumsalz zwischen denjenigen der entsprechenden Kalium- und Cäsiumsalze lagen. Betrachtet man aber nicht allein die Veränderung der geometrischen Gestalt, sondern auch die Volumveränderung, welche durch den Eintritt eines Alkalimetalls für ein anderes hervorgebracht wird, so werden, wie aus der Tabelle klar hervorgeht, die Differenzen so bemerkenswerth, dass man sogleich die folgenden Gesetzmässigkeiten erkennt:

Eine Vergleichung der topischen Axenverhältnisse, welche durch Verbindung der morphologischen Axenverhältnisse mit dem Molekularvolum erhalten werden, zeigt, dass die Ersetzung des Kaliums durch Rubidium, oder des letzteren durch Cäsium, von einer beträchtlichen Zunahme der gegenseitigen Entfernung der Centren der Structureinheiten, oder von Gruppen solcher Einheiten, längs jeder der Axenrichtungen begleitet wird, der Volumzunahme entsprechend. Die topischen Axenverhältnisse irgend eines Rubidiumsalzes der Reihe liegen folglich in der Mitte zwischen denjenigen der dasselbe zweite Metall enthaltenden Kalium- und Cäsiumsalze. Die relativen Beträge der Zunahme, wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird, einerseits, und wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, andererseits, sind ungefähr gleich in der Richtung der geneigten Axe a; sie sind aber beträchtlich grösser nach der Symmetrieaxe b und der Verticalaxe c, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, als wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird. Was die relativen Beträge der Zunahme in den Richtungen der drei Axen betrifft, ist die Ausdehnung immer bei weitem am grössten längs der Symmetrieaxe b und am geringsten längs der Verticalaxe c. Gewöhnlich ist die Ausdehnung nach der letzteren Richtung nicht viel geringer, als diejenige nach der geneigten Axe; bei den Kupfersalzen aber zeigt sich die Individualität jenes Metalls durch eine beträchtliche Zunahme der Ausdehnung längs der geneigten Axe, auf Kosten einer Abnahme der Ausdehnung in der Richtung der Verticalaxe.

Wenn man die relativen Beträge der Ausdehnung der Axen, bezogen auf die ursprünglichen Längen derselben, welche ungefähr $= 0{,}75 : 1 : 0{,}5$ sind, betrachtet, so findet man, dass der Betrag längs der Symmetrieaxe b noch vorherrscht, d. h. auch im Verhältniss zur Länge dieser Axe noch

grösser ist, als die den anderen beiden Richtungen entsprechenden Beträge.

Optische Untersuchung.

Orientirung der Axen des optischen Ellipsoids. Die bequemste Methode, um die Stellungen der veränderlichen Axen des optischen Ellipsoids, welche senkrecht zu einander in der Symmetrieebene liegen, zu vergleichen, bietet die tabellarische Zusammenstellung der Neigungswinkel der in der Nähe der Normalen zur Basis $c\{001\}$ liegenden Axe des Ellipsoids gegen die Verticalaxe c.

Diese Richtung ist in der ganzen Reihe ohne Ausnahme die grösste Axe a des Ellipsoids, und sie ist die zweite Mittellinie bei allen Salzen mit Ausnahme des *CsNi*-Sulfats; die Ursache dieser Ausnahme wird später als eine sehr interessante nachgewiesen werden. Weniger übersichtlich wäre es, die Neigungen der ersten Mittellinie gegen die nächste morphologische Axe a zu betrachten, da sie bald an der einen Seite, bald an der anderen Seite derselben liegt.

Neigung der grössten Axe a des optischen Ellipsoides gegen die Verticalaxe c.

		Diff.:			Diff.:
KMg-Sulfat	13°38′		*KZn*-Sulfat	10°18′	
RbMg -	21 14	7°36′	*RbZn* -	16 43	6°25′
CsMg -	46 43	25 29	*CsZn* -	30 16	13 33
KFe -	11 57		*KNi* -	8 42	
RbFe -	17 9	5 12	*RbNi* -	12 38	3 56
CsFe -	28 17	11 8	*CsNi* -	24 7	11 29
KCo -	10 5		*KCu* -	18 33	
RbCo -	16 1	5 56	*RbCu* -	26 28	7 55
CsCo -	26 8	10 7	*CsCu* -	42 57	16 29
RbMn -	16 57		*RbCd* -	15 53	
CsMn -	25 27	8 30	*CsCd* -	26 56	11 3

Es geht klar aus dieser Tabelle das Folgende hervor:

Die Orientirung der veränderlichen Axen, welche in der Symmetrieebene des Lichtgeschwindigkeitsellipsoids (der Polarreciproken der optischen Indicatrix von Fletcher) liegen, liegt für jedes Rubidiumsalz der Reihe in der Mitte zwischen derjenigen für das Kaliumsalz und derjenigen für das Cäsiumsalz, welches dasselbe zweite Metall enthält. Die grösste Axe a liegt am nächsten der verticalen morphologischen Axe c für das Kaliumsalz jeder Gruppe, und sie ist am weitesten davon entfernt für das Cäsiumsalz. Die mittlere Stellung für das Rubidiumsalz

ist immer beträchtlich näher der Stellung für das Kaliumsalz, als derjenigen für das Cäsiumsalz; also wird die Ersetzung des Rubidiums durch Cäsium von einer viel grösseren Veränderung der Orientirung begleitet, als sie der Veränderung im Atomgewichte entspricht.

Es findet somit eine Drehung des optischen Ellipsoids um seine mittlere Axe $\mathfrak{b}$ (identisch mit der Symmetrieaxe b) statt, wenn ein Alkalimetall durch ein anderes ersetzt wird.

Die abweichende chemische Natur des Kupfers wird auch hier wieder offenbar gemacht durch die Thatsache, dass die Axe $\mathfrak{a}$ des optischen Ellipsoids von *KCu*-Sulfat um einen so ausnahmsweise grossen Winkel zur Verticalaxe *c* geneigt ist, dass sie vor die Normale der Basis kommt, während sie bei allen anderen Kaliumsalzen der Reihe hinter jener Normalen liegt.

Diese interessanten Resultate lassen sich am klarsten übersehen mit Hilfe der graphischen Bilder der Orientirungen der drei Salze jeder Gruppe, welche in Figg. 23—28 dargestellt sind.

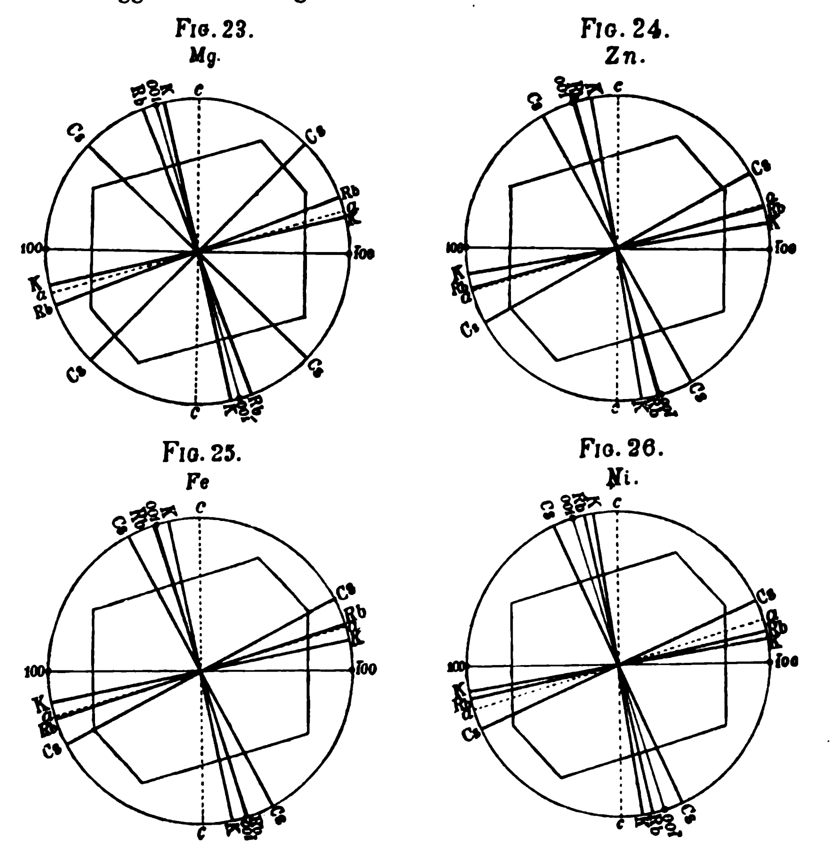


Fig. 23. *Mg*.

Fig. 24. *Zn*.

Fig. 25. *Fe*

Fig. 26. *Ni*.

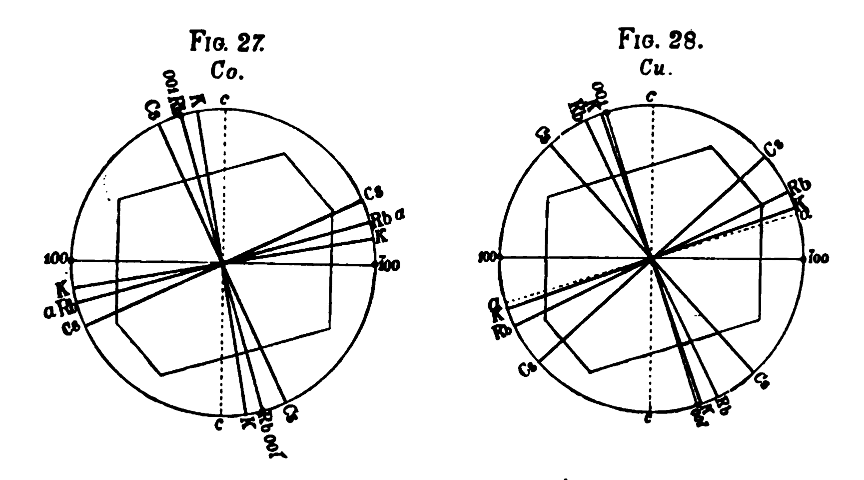


Fig. 27. *Co.* Fig. 28. *Cu.*

Es wird sich empfehlen, die Resultate, welche die Refraction betreffen, vor denjenigen der optischen Axenwinkelphänomene zu betrachten, da die letzteren im Lichte der ersteren besser verstanden werden können.

Brechungsexponenten. Die folgenden Tabellen liefern eine Vergleichung der Brechungsexponenten jeder der acht Salzgruppen.

Vergleichungstabelle der Brechungsexponenten.

Index	Natur des Lichtes	Magnesiumsalze			Zinksalze		
		K	*Rb*	*Cs*	*K*	*Rb*	*Cs*
α	*Li*	1,4581	1,4646	1,4828	1,4748	1,4807	1,4994
	C	1,4585	1,4650	1,4832	1,4752	1,4811	1,4998
	Na	1,4607	1,4672	1,4857	1,4775	1,4833	1,5022
	Tl	1,4631	1,4695	1,4880	1,4797	1,4857	1,5047
	F	1,4658	1,4724	1,4912	1,4826	1,4886	1,5079
	G	1,4699	1,4762	1,4956	1,4866	1,4929	1,5125
β	*Li*	1,4603	1,4664	1,4830	1,4805	1,4856	1,5020
	C	1,4607	1,4668	1,4834	1,4809	1,4860	1,5024
	Na	1,4629	1,4689	1,4858	1,4883	1,4884	1,5048
	Tl	1,4652	1,4713	1,4881	1,4857	1,4908	1,5073
	F	1,4678	1,4743	1,4912	1,4889	1,4938	1,5104
	G	1,4720	1,4782	1,4957	1,4929	1,4980	1,5151
γ	*Li*	1,4727	1,4755	1,4888	1,4938	1,4947	1,5064
	C	1,4731	1,4759	1,4892	1,4942	1,4951	1,5068
	Na	1,4755	1,4779	1,4916	1,4969	1,4975	1,5093
	Tl	1,4778	1,4805	1,4940	1,4994	1,5001	1,5119
	F	1,4810	1,4835	1,4970	1,5027	1,5033	1,5152
	G	1,4853	1,4876	1,5015	1,5067	1,5078	1,5199

Index	Natur des Lichtes	Eisenoxydulsalze K	Eisenoxydulsalze Rb	Eisenoxydulsalze Cs	Manganoxydulsalze Rb	Manganoxydulsalze Cs	Nickeloxydulsalze K	Nickeloxydulsalze Rb	Nickeloxydulsalze Cs
α	Li	1,4731	1,4789	1,4976	1,4741	1,4918	1,4809	1,4868	1,5061
	C	1,4735	1,4793	1,4980	1,4745	1,4922	1,4813	1,4872	1,5065
	Na	1,4759	1,4815	1,5003	1,4767	1,4946	1,4836	1,4895	1,5087
	Tl	1,4782	1,4839	1,5028	1,4791	1,4972	1,4860	1,4920	1,5112
	F	1,4811	1,4870	1,5061	1,4821	1,5003	1,4889	1,4949	1,5146
	G	1,4852	1,4916	1,5105	1,4864	1,5046	1,4933	1,4996	1,5192
β	Li	1,4795	1,4847	1,5007	1,4781	1,4936	1,4889	1,4933	1,5100
	C	1,4799	1,4851	1,5011	1,4785	1,4940	1,4893	1,4937	1,5104
	Na	1,4821	1,4874	1,5035	1,4807	1,4966	1,4916	1,4961	1,5129
	Tl	1,4847	1,4898	1,5061	1,4834	1,4991	1,4941	1,4987	1,5154
	F	1,4877	1,4929	1,5093	1,4860	1,5022	1,4972	1,5017	1,5187
	G	1,4920	1,4973	1,5137	1,4907	1,5066	1,5015	1,5062	1,5235
γ	Li	1,4941	1,4949	1,5065	1,4880	1,4995	1,5022	1,5023	1,5133
	C	1,4945	1,4953	1,5069	1,4884	1,4999	1,5026	1,5027	1,5137
	Na	1,4969	1,4977	1,5094	1,4907	1,5025	1,5051	1,5052	1,5162
	Tl	1,4995	1,5003	1,5121	1,4933	1,5051	1,5077	1,5078	1,5189
	F	1,5028	1,5034	1,5153	1,4965	1,5083	1,5109	1,5110	1,5224
	G	1,5071	1,5080	1,5198	1,5015	1,5129	1,5153	1,5156	1,5266

Index	Natur des Lichtes	Kobaltoxydulsalze K	Kobaltoxydulsalze Rb	Kobaltoxydulsalze Cs	Kupfersalze K	Kupfersalze Rb	Kupfersalze Cs	Cadmiumsalze Rb	Cadmiumsalze Cs
α	Li	1,4780	1,4833	1,5028	1,4807	1,4858	1,5017	1,4773	1,4947
	C	1,4784	1,4837	1,5032	1,4811	1,4862	1,5021	1,4777	1,4951
	Na	1,4807	1,4859	1,5057	1,4836	1,4886	1,5048	1,4798	1,4975
	Tl	1,4830	1,4882	1,5079	1,4861	1,4912	1,5074	1,4823	1,5000
	F	1,4861	1,4910	1,5112	1,4893	1,4943	1,5108	1,4856	1,5033
	G	1,4904	1,4954	1,5159	1,4944	1,4991	1,5159	1,4906	1,5081
β	Li	1,4838	1,4889	1,5057	1,4834	1,4878	1,5032	1,4820	1,4972
	C	1,4842	1,4893	1,5061	1,4838	1,4882	1,5036	1,4824	1,4976
	Na	1,4865	1,4916	1,5085	1,4864	1,4906	1,5061	1,4848	1,5000
	Tl	1,4889	1,4940	1,5110	1,4889	1,4933	1,5089	1,4872	1,5026
	F	1,4919	1,4968	1,5142	1,4922	1,4966	1,5123	1,4905	1,5058
	G	1,4961	1,5011	1,5188	1,4975	1,5013	1,5174	1,4955	1,5106
γ	Li	1,4973	1,4985	1,5102	1,4990	1,5007	1,5122	1,4919	1,5034
	C	1,4977	1,4989	1,5106	1,4994	1,5011	1,5126	1,4923	1,5038
	Na	1,5004	1,5014	1,5132	1,5020	1,5036	1,5153	1,4948	1,5062
	Tl	1,5028	1,5038	1,5156	1,5047	1,5064	1,5180	1,4972	1,5088
	F	1,5059	1,5068	1,5187	1,5081	1,5098	1,5216	1,5007	1,5123
	G	1,5105	1,5144	1,5237	1,5134	1,5148	1,5266	1,5061	1,5172

Man bemerkt unmittelbar Folgendes:

Die Brechungsexponenten irgend eines Rubidiumsalzes der

Reihe sind, ohne Ausnahme, zwischen denjenigen der dasselbe zweite Metall enthaltenden Kalium- und Cäsiumsalze gelegen und zwar näher den Werthen für das Kaliumsalz.

Die genaueste Vorstellung über die Refractionsbeziehungen wird durch eine Vergleichung der Indices β geliefert, denn die diesen entsprechende Schwingungsrichtung bleibt in der ganzen Reihe durchaus constant, da sie der unveränderlichen Symmetrieaxe b parallel ist, während die α und γ entsprechenden Richtungen innerhalb der Krystalle nach der eben formirten Regel variiren. Da der Dispersionsunterschied zwischen den drei Salzen irgend einer Gruppe so gering ist, wird es vollkommen genügen, die Werthe von β für *Na*-Licht zu vergleichen. Dieses ist weit besser, als die Betrachtung der Werthe eines Strahles von sogenannter unendlicher Wellenlänge, welche von den ersten Constanten der allgemeinen Formeln geliefert werden.

Indices β für *Na*-Licht.

Salz:	β_{Na}	Differenz:		Salz:	β_{Na}	Differenz:	
KMg	1,4629	60	229	*KZn*	1,4833	51	215
RbMg	1,4689	169		*RbZn*	1,4884	164	
CsMg	1,4858			*CsZn*	1,5048		
KFe	1,4821	53	214	*KNi*	1,4916	45	213
RbFe	1,4874	161		*RbNi*	1,4961	168	
CsFe	1,5035			*CsNi*	1,5129		
KCo	1,4865	51	220	*KCu*	1,4864	42	197
RbCo	1,4916	169		*RbCu*	1,4906	155	
CsCo	1,5085			*CsCu*	1,5061		
RbMn	1,4807	159		*RbCd*	1,4848	152	
CsMn	1,4966			*CsCd*	1,5000		

Aus der Betrachtung dieser Tabelle der Brechungsexponenten kann man die folgenden weiteren Schlussfolgerungen ziehen:

Eine Zunahme des Atomgewichtes des Alkalimetalls wird von einer Zunahme des Refractionsvermögens des Krystalles begleitet, und die Refractionszunahme wird relativ grösser, wenn das Atomgewicht steigt. Für den Fall der Indices β, deren entsprechende Schwingungsrichtung die unveränderliche Symmetrieaxe b ist, variiren die Beträge der Zunahme, welche durch Ersetzung des Kaliums durch Rubidium resp. des Rubidiums durch Cäsium verursacht wird, etwas nach dem zweiten anwesenden Metall, von 1 : 3 zu 1 : 4.

Die Differenz zwischen den Exponenten für die Kalium- und Cäsiumsalze irgend einer Gruppe ist nicht so gross, als zwischen denjenigen der

einfachen Sulfate von Kalium und Cäsium. Im letzteren Falle war die Differenz der Indices β für *Na*-Licht 0,0697, während die grösste Differenz bei den Doppelsulfaten 0,0229 ist.

Eine Beziehung zwischen dem Atomgewichte des zweiten Metalls und den Brechungsexponenten ist nicht zu finden. Zum Beispiel: obgleich eine Zunahme der Refraction eintritt, wenn Magnesium durch Zink ersetzt wird, giebt es doch wieder eine Abnahme, wenn das letztere durch Cadmium ersetzt wird.

Axenverhältnisse des Lichtgeschwindigkeitsellipsoids. Der Refractionsunterschied längs der drei Axen des optischen Ellipsoids irgend eines Salzes, die Modificirung jenes Unterschieds durch Ersetzung des Alkalimetalls durch ein anderes, und die wirkliche Veränderung der Refraction längs irgend einer einzigen Richtung, welche von derselben Ursache hervorgebracht wird, werden am klarsten aus der Betrachtung der Axenverhältnisse des optischen Ellipsoids ersehen, welche die relativen Grössen der Geschwindigkeit von Lichtschwingungen längs der drei rechtwinkeligen Axen $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ des Ellipsoids angeben. Die in der Beschreibung jedes Salzes gegebenen Verhältnisse sind bezogen auf den Werth längs der $\mathfrak{b}$-Axe als Einheit berechnet. Solche Verhältnisse stellen daher nur die relative Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Lichtschwingungen längs der drei Axenrichtungen des einzelnen Salzes dar. Es wurde in der Mittheilung über die einfachen Sulfate gezeigt (loc. cit. 61), dass, wenn man den Werth längs der mittleren Axe des Ellipsoids für das Kaliumsalz als Einheit nimmt und alle anderen Werthe für die drei Salze der Gruppe im Verhältniss dazu ausdrückt, man klar die wirklichen Geschwindigkeitsveränderungen längs aller drei Axen sieht, welche durch den Uebergang von einem Kalium- zu einem Rubidiumsalz, nnd von einem Rubidium- zu einem Cäsiumsalz bewirkt werden. Unter den so erhaltenen Verhältnissen für irgend eine Gruppe von drei Salzen sind diejenigen für das Kaliumsalz mit denjenigen identisch, welche in den Beschreibungen gegeben sind, und diejenigen für die Rubidium- und Cäsiumsalze werden jedesmal erhalten, wenn man den Index β_{Na} des Kaliumsalzes durch den Brechungsindex für *Na*-Licht, welcher der fraglichen Axe jenes besonderen Salzes entspricht, dividirt.

Die beiden Reihen von Verhältnissen sind einander in der folgenden Tabelle gegenüber gestellt.

Axenverhältnisse der Lichtgeschwindigkeitsellipsoide der Reihe.

Salz:	$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$	oder	$\mathfrak{a}$	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{c}$
KMg	1,0015 :	1 :	0,9915		1,0015 :	1 :	0,9915
	3		24		44	41	17
RbMg	1,0012 :	1 :	0,9939		0,9971 :	0,9959 :	0,9898
	11		22		124	113	90
CsMg	1,0001 :	1 :	0,9961		0,9847 :	0,9846 :	0,9808

Salz:	a	b	c	oder	a	b	c
KZn	1,0039 :	1 :	0,9909		1,0039 :	1 :	0,9909
	5		30		39	34	4
RbZn	1,0034 :	1 :	0,9939		1,0000 :	0,9966 :	0,9905
	17		31		126	109	77
CsZn	1,0017 :	1 :	0,9970		0,9874 :	0,9857 :	0,9828
KFe	1,0042 :	1 :	0,9901		1,0042 :	1 :	0,9901
	2		30		38	36	5
RbFe	1,0040 :	1 :	0,9931		1,0004 :	0,9964 :	0,9896
	19		30		125	106	77
CsFe	1,0021 :	1 :	0,9961		0,9879 :	0,9858 :	0,9819
KNi	1,0054 :	1 :	0,9910		1,0054 :	1 :	0,9910
	10		30		40	30	1
RbNi	1,0044 :	1 :	0,9940		1,0014 :	0,9970 :	0,9909
	16		38		127	111	71
CsNi	1,0028 :	1 :	0,9978		0,9887 :	0,9859 :	0,9838
KCo	1,0039 :	1 :	0,9907		1,0039 :	1 :	0,9907
	1		28		35	34	6
RbCo	1,0038 :	1 :	0,9935		1,0004 :	0,9966 :	0,9901
	19		34		132	112	78
CsCo	1,0019 :	1 :	0,9969		0,9872 :	0,9854 :	0,9823
KCu	1,0019 :	1 :	0,9896		1,0019 :	1 :	0,9896
	6		18		34	28	10
RbCu	1,0013 :	1 :	0,9914		0,9985 :	0,9972 :	0,9886
	4		25		107	103	77
CsCu	1,0009 :	1 :	0,9939		0,9878 :	0,9869 :	0,9809
RbMn	1,0027 :	1 :	0,9933				
	14		28				
CsMn	1,0013 :	1 :	0,9961				
RbCd	1,0034 :	1 :	0,9933				
	17		26				
CsCd	1,0017 :	1 :	0,9959				

Es wird am lehrreichsten sein, zuerst die Totalveränderung zu betrachten, welche durch die zweite Reihe der Verhältnisse dargestellt wird, und nachher auf die in der ersten Reihe der Verhältnisse dargestellte Wirkung dieser Veränderung zurückzukommen, um zu sehen, wie sie die gegenseitigen Beziehungen der drei Axen des Ellipsoids jedes einzelnen Salzes modificirt.

Die zweite Reihe lehrt die folgenden Thatsachen:

Die relativen Geschwindigkeiten der Lichtschwingungen längs der drei Axen des optischen Ellipsoids der Krystalle jedes Rubidiumsalzes der Reihe liegen in der Mitte zwischen den Geschwindigkeiten längs der entsprechenden Axenrichtungen in den Krystallen der dasselbe zweite Metall enthaltenden Kalium- und Cäsiumsalze. Zunahme des Atomgewichtes des Alkalimetalls ist von einer Zunahme des Widerstandes gegen die Lichtschwingungen längs jeder der Axen des Ellipsoids

begleitet, und diese Veränderung ist relativ viel grösser, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, als wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird. Für die unveränderliche Richtung der Axe $\mathfrak{b}$ verhalten sich die Beträge wie 3 : 4; diejenigen für die Axe $\mathfrak{a}$ sind immer etwas grösser als diejenigen für $\mathfrak{b}$ und stehen in demselben Verhältnisse, während diejenigen für die Axe $\mathfrak{c}$ stets viel geringer sind, und der Unterschied zwischen den Wirkungen der beiden Ersetzungen ist ein noch grösserer.

Diese Beziehungen werden am besten durch Curven repräsentirt. Solche sind in Figg. 29—34 für die sechs Gruppen gegeben, deren Glieder sämmtlich darstellbar sind. Das Atomgewicht des darin enthaltenen Alkalimetalles ist als Ordinate genommen und die relative Lichtgeschwindigkeit als Abscisse.

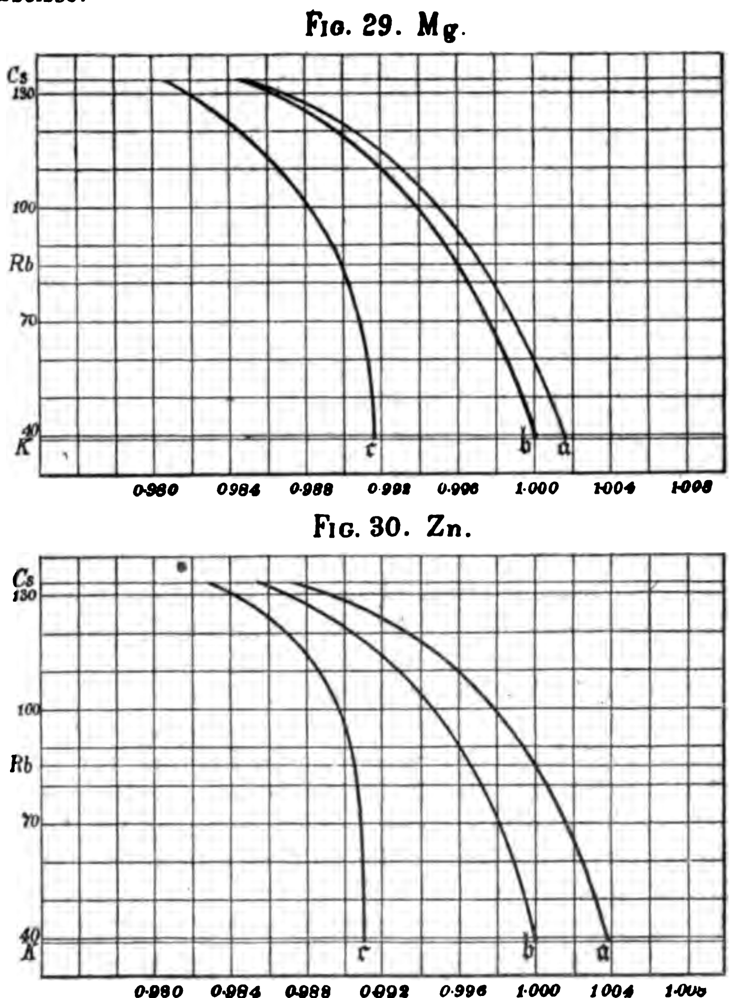



Fig. 31. Fe.

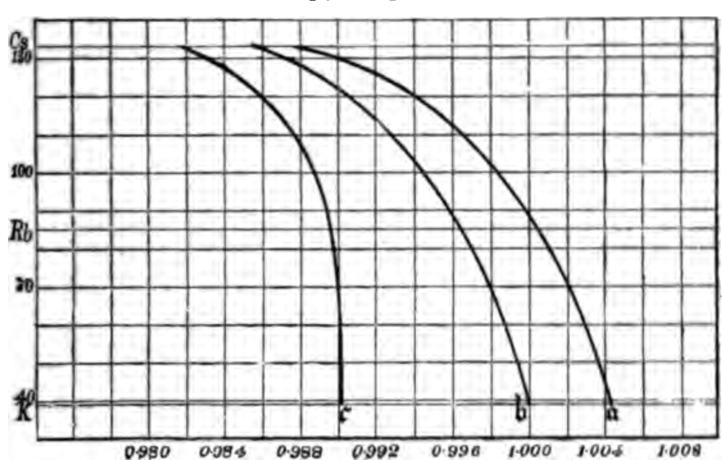
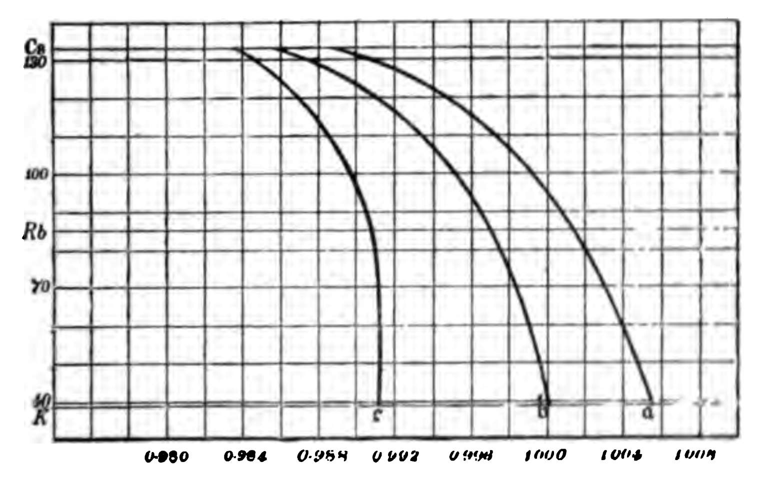
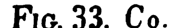


Fig. 32. Ni.



Sehr auffallend ist die Aehnlichkeit dieser Gruppen von Curven, ein unzweideutiges Zeugniss des sehr geringen Einflusses des zweiten Metalles. Ferner zeigt sich, dass in allen Fällen die Curven zwischen den Kalium- und Rubidiumsalzen mehr oder weniger steil verlaufen, der relativ geringen Aenderung der Lichtgeschwindigkeit entsprechend, alsdann aber schnell nach links umbiegen und an Steilheit abnehmen, wenn sie sich dem Cäsiumsalz nähern, entsprechend der viel grösseren Veränderung, welche erfolgt, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird. Eine dritte gemeinschaftliche Eigenschaft ist die, dass die drei Curven jeder Gruppe gegen einander convergiren, wenn man vom Kaliumsalz durch das Rubidiumsalz nach dem Cäsiumsalz geht, der fortschreitenden Verminderung der Doppelbrechung entsprechend.


Fig. 33. Co.

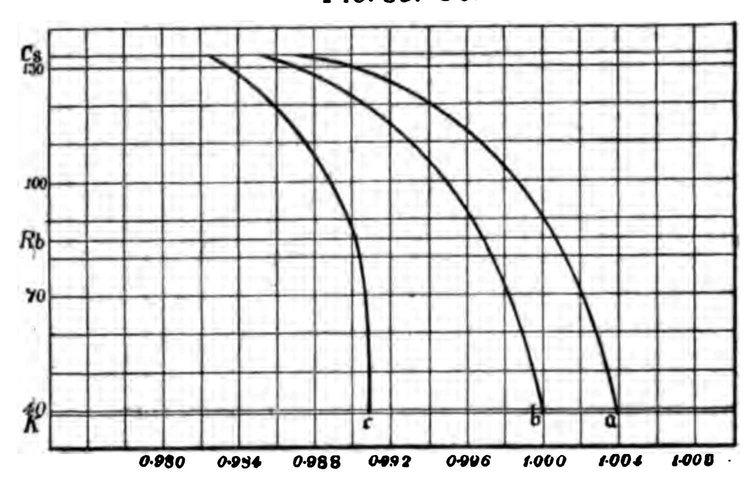
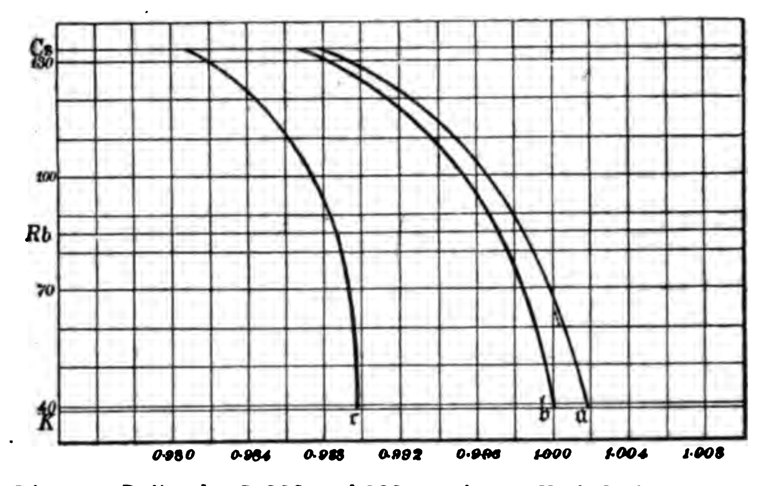


Fig. 34. Cu.



Die erste Reihe der S. 222 und 223 gegebenen Verhältnisse repräsenti die relativen Geschwindigkeiten der Lichtschwingungen längs der dı Hauptaxen des optischen Ellipsoides jedes Salzes, verglichen mit dem Wertl längs der mittleren Axe als Einheit. Sie repräsentiren weiter die Wirkuı der fortschreitenden, von der zweiten Reihe angedeuteten Veränderungen a die gegenseitigen Beziehungen der Axen. Nun aber sind es diese gegense tigen Beziehungen der grössten, mittleren und kleinsten Lichtgeschwindi keit, welche ausschliesslich den Betrag und das Zeichen der Doppelbrechun sowie den optischen Axenwinkel bestimmen. Um diese so wichtigen Beziel ungen in der klarsten Weise darzustellen, ist eine andere Reihe von Curve Figg. 35—40 (S. 227—229), gegeben.

Fig. 35. Mg.

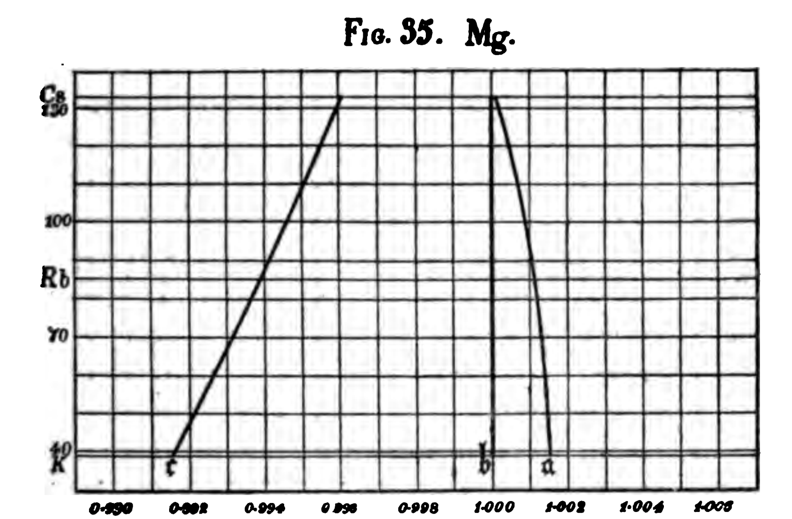
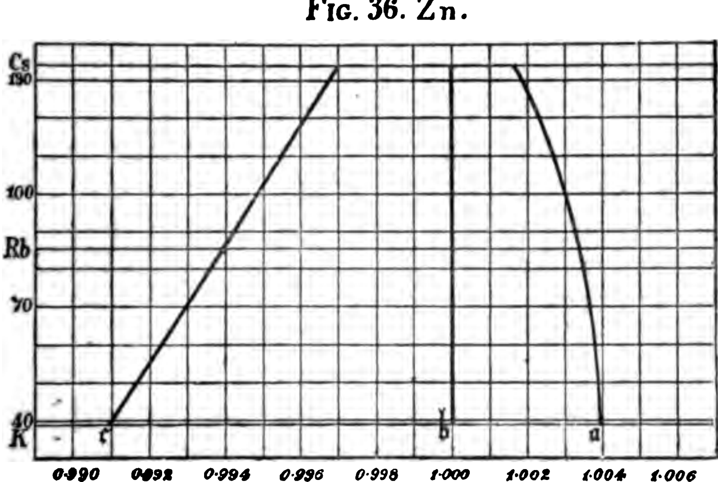


Fig. 36. Zn.



Bei diesen Curven ist die Geschwindigkeit längs der mittleren Axe natürlich immer eine verticale gerade Linie, welche die Einheit repräsentirt. In jeder Gruppe ist die Convergenz der Curven für die beiden anderen Axen augenscheinlich. Die der c-Axe entsprechenden Curven sind immer beinahe gerade Linien; diejenigen für die a-Axe zeigen eine grössere Krümmung, deren Betrag etwas nach dem zweiten Metall variirt, aber die Stellung des Rubidiumsalzes ist immer eine mittlere. Diese Bemerkungen führen auf die folgende Regel:

Eine Zunahme des Atomgewichtes des Alkalimetalls ist von einer Convergenz der Werthe der Geschwindigkeit längs der


Fig. 37. Fe.

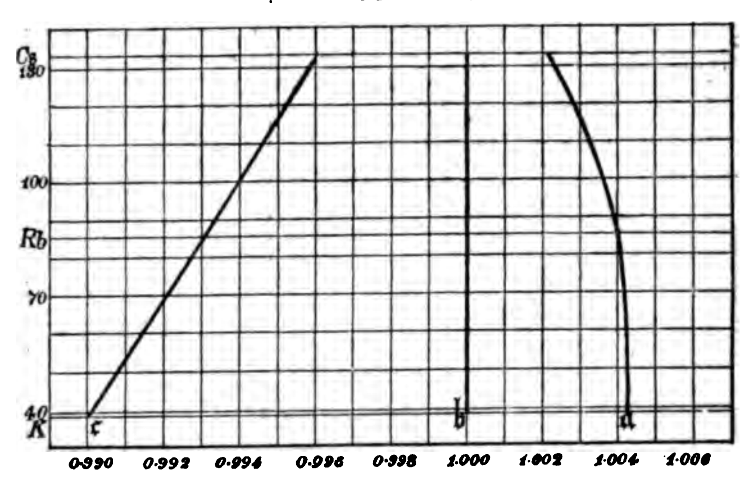
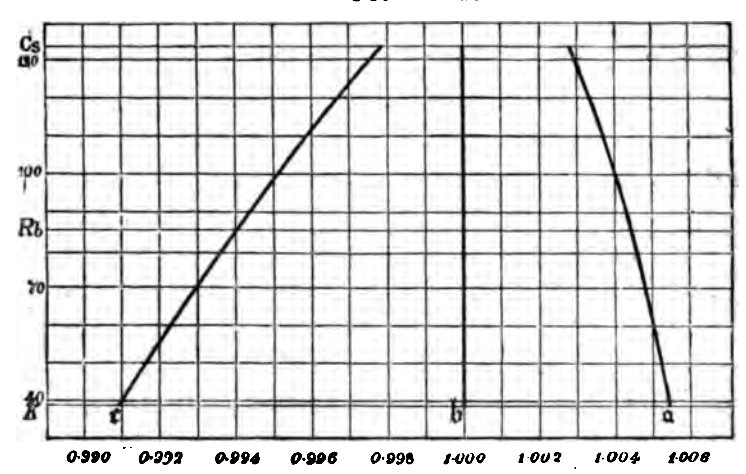


Fig. 38. Ni.



drei Axenrichtungen a, b, c gegen die Einheit begleitet, und folglich von einer Verminderung der Doppelbrechung. Diese letztere Eigenschaft ist schon sehr schwach bei den Kaliumsalzen, und sie ist äusserst schwach bei den Cäsiumsalzen; die Rubidiumsalze nehmen in dieser Hinsicht eine mittlere Stellung ein. Da die Beträge der Geschwindigkeitsveränderung längs der beiden Axen a und b, wenn Kalium durch Rubidium oder letzteres durch Cäsium ersetzt wird, nur wenig verschieden sind, werden die Beziehungen dieser beiden Geschwindigkeiten nur wenig verändert; der geringere Betrag der

FIG. 39. Co.

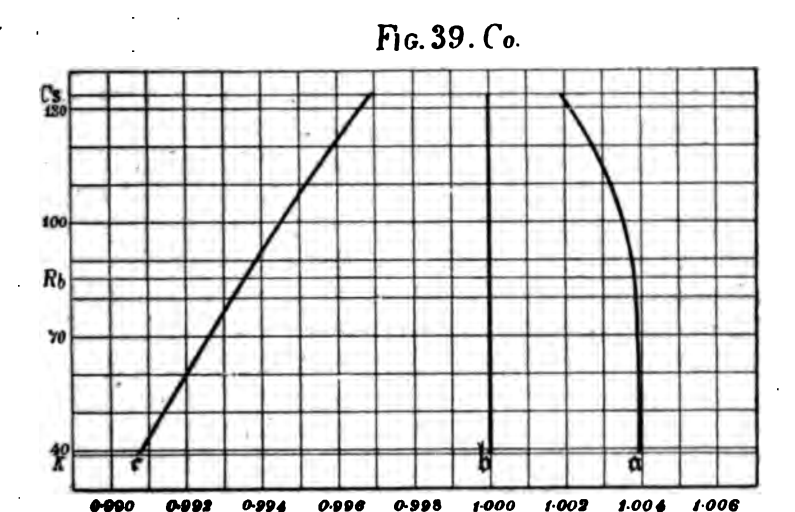
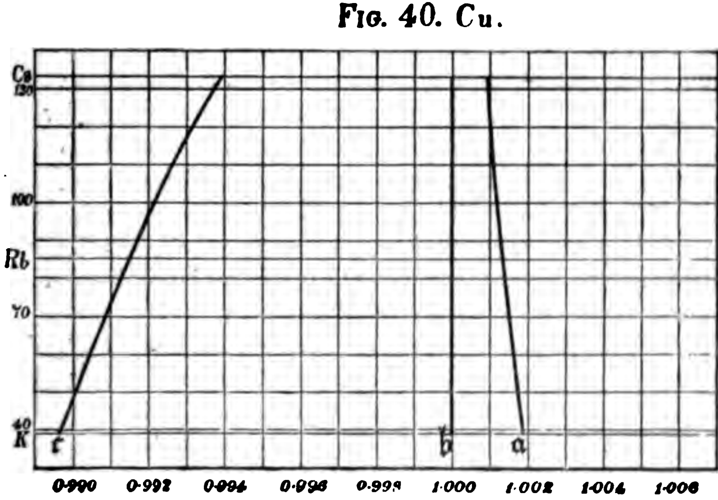


FIG. 40. Cu.



Veränderung längs der c-Axe hat aber die Wirkung, beträchtlichere Veränderungen, und zwar im Sinne einer Convergenz, in den Beziehungen zwischen dem Werthe für diese Axe und den zwei anderen Axenwerthen hervorzubringen. Sowohl die erstere, geringe relative Veränderung, als auch die letztere, beträchtlichere Veränderung sind von regelmässigem Charakter, d. h. das Rubidiumsalz nimmt immer eine mittlere Stellung ein.

Es ist gezeigt worden, dass sämmtliche Salze der Reihe, mit Ausnahme des *CsNi*-Sulfates, positive Doppelbrechung besitzen, d. h. ihre Indices β

näher den Werthen von α als denen von γ liegen, und folglich die Verhältnisse der mittleren Geschwindigkeit $\mathfrak{b}$ sich mehr denjenigen der maximalen Werthe $\mathfrak{a}$, als der minimalen Werthe $\mathfrak{c}$ nähern. Also liegen die Curven für $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ näher zusammen, als die für $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$.

In dem Ausnahmefalle des schwefelsauren Cäsium-Nickel-Salzes liegen die Brechungsexponenten β und γ und die Verhältnisse und Curven für $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ einander näher, als die Indices α und β und die Verhältnisse und Curven für $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$, und daher ist das Zeichen der Doppelbrechung negativ. Diese scheinbare Anomalie ist, anstatt eine unerklärbare Ausnahme zu sein, einer der ausserordentlichsten Beweise der Gültigkeit der Regel. Beim Kaliumnickelsalz sind die Werthe von $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$, welche die Anfangspunkte der entsprechenden Curven bilden, einander näher, als die Werthe von $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$, und beim Rubidiumsalz stehen sie, zufolge ihrer weiteren Convergenz, auch in einem ähnlichen Verhältnisse, dem positiven Zeichen der Doppelbrechung entsprechend. Nun zeigt das Kaliumnickelsalz grössere Differenz der Werthe $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$, als irgend ein anderes Salz der Reihe, wie am besten aus der Tabelle S. 223 zu ersehen ist, da hier $\mathfrak{a}$ sein Maximum, 1,0054, erreicht. Wenn man sich nun erinnert, dass die relative Veränderung längs der $\mathfrak{c}$-Axe beträchtlicher ist, d. h. deren Curve in Fig. 38 schneller mit der für $\mathfrak{b}$ convergirt, so ist es nicht auffallend, dass, weil die Curve für $\mathfrak{a}$ beim Kaliumsalz weiter als gewöhnlich von $\mathfrak{b}$ beginnt, sie wegen ihrer geringeren Convergenz gegen letztere beim Cäsiumsalz einen Werth erreicht, welcher weiter von $\mathfrak{b}$ entfernt ist, als derjenige der schnell convergirenden Curve $\mathfrak{c}$. Dieses ist in der That der Fall, und die Umkehrung der Doppelbrechung ist vollkommen mit der Regel im Einklange. Man kann daher die folgende Schlussfolgerung hinzufügen:

Die vorhergehende Regel erhält eine merkwürdige Bestätigung in dem Falle des schwefelsauren Cäsium-Nickels. Mit Ausnahme dieses Salzes zeigt die ganze Reihe positive Doppelbrechung. Wegen der Thatsache, dass beim Kaliumnickelsalz die Werthe von $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ am meisten verschieden für die Reihe sind, obgleich die Differenzen aller dreier nur geringe sind und positiver Doppelbrechung entsprechen, ergiebt sich nach der vorhergehenden Regel, dass beim Cäsiumsalz der Werth von $\mathfrak{c}$, einer schnelleren Convergenz zufolge, sich dem mittleren Werthe von $\mathfrak{b}$ relativ mehr nähert. Also muss dieses Salz negative Doppelbrechung zeigen, womit die Beobachtung in völliger Uebereinstimmung steht.

Ebenso wie die Nickelsalze eine merkwürdige Folge der Regel zeigen, weil dem Kaliumsalz eine ausserordentlich grosse Verschiedenheit der Schnelligkeiten längs $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ zukommt, so zeigen die Magnesiumsalze in Folge derselben Regel ein anderes ausserordentliches Verhalten, weil das

Kalium-Magnesiumsalz eine besonders niedrige Differenz der Werthe längs derselben zwei Richtungen besitzt. Denn die Wirkung einer noch weiteren Verminderung dieser Differenz, nach der Regel von der Convergenz gegen die Einheit, bewirkt, dass die Werthe von $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ in der That beim Cäsiumsalz die Einheit selbst erreichen, d. h. identisch werden, wie graphisch durch die Curven Figg. 29 und 35 angedeutet ist.

Es wurde bei der Beschreibung des schwefelsauren Cäsium-Magnesium gezeigt, dass die Brechungsexponenten α und β, welche den Lichtschwingungen parallel $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ entsprechen, beinahe identisch sind; sie weichen für Roth um 0,0002 ab, um 0,0001 für *Na*-Licht, sie sind identisch für *F*-Licht, wenn sie mit nur vier Decimalen ausgedrückt werden, und sind absolut identisch für die Wellenlänge 450 im Blau. Jenseits dieses divergiren sie wieder, so dass sie für *G*-Licht wieder um 0,0001 abweichen, aber die Richtung, welche vormals $\mathfrak{a}$ war, wird jetzt $\mathfrak{b}$ und giebt β. Also liefern die Krystalle von *CsMg*-Sulfat nur zwei Brechungsexponenten im blauen Lichte, und folglich ahmen sie für diese Farbe die Eigenschaften einaxiger Krystalle nach; für andere Farben ist ein Spectrometerocular nöthig, welches die stärkste Vergrösserung liefert, um eine Trennung der gebrochenen Spaltbilder, welche von Prismen zur Bestimmung von α und β geliefert werden, wahrzunehmen. Wenn ein solches Prisma angewandt wird, beobachtet man, dass die Bilder sich einander nähern, wenn man das einfallende Licht von Roth nach Blau hin ändert; sie überlagern einander, wenn man Blau erreicht, gehen an einander vorüber und trennen sich wieder etwas von einander nach entgegengesetzter Richtung, wenn man die Farbe zu Violett verändert. Ausserdem entspricht es der Regel für die Convergenz, dass der dritte Werth $\mathfrak{c}$ relativ nahe den anderen Werthen ist, so dass die Doppelbrechung äusserst schwach wird. Diese ausserordentlichen Wirkungen der Regel werden weiter verfolgt werden, wenn die optischen Axenwinkelphänomene, welche entsprechend ungewöhnliche sein müssen, zur Erörterung gelangen. Die die Refractionsphänomene betreffenden Thatsachen kann man summarisch wie folgt zusammenfassen:

Eine andere ausserordentliche Wirkung der Regel für die Convergenz wird durch den Fall der Refractionsphänomene des schwefelsauren Cäsium-Magnesium dargestellt. Die Differenz zwischen den Werthen von $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ ist am kleinsten für die Kaliumsalze der Reihe beim *KMg*-Sulfat, und die Convergenz gegen die Einheit bewirkt daher für den Fall des Cäsiumsalzes die wirkliche Erreichung der Einheit. Wegen der Existenz der gewöhnlichen geringen Differenz der Dispersion längs der Axenrichtungen ist die Coincidenz eine absolute nur für die Wellenlänge 450 im Blau. Die Differenz der beiden Geschwin-

Tabelle der specifischen Refraction und Dispersion (Lor

Salz	Specifische Refraction, $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$						Specifische Dis	
	Für Strahl $C (H_\alpha)$			Für Strahl $G (H_\gamma)$			$\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}$	
	a	b	c	a	b	c	a	b
KMg	0,1348	0,1353	0,1385	0,1377	0,1382	0,1415	0,0029	0,0029
	187	188	200	192	192	205		
RbMg	0,1161	0,1165	0,1185	0,1185	0,1190	0,1210	0,0024	0,0025
	90	94	103	91	96	105		
CsMg	0,1071	0,1071	0,1082	0,1094	0,1094	0,1105	0,0023	0,0023
KZn	0,1258	0,1271	0,1301	0,1283	0,1298	0,1328	0,0025	0,0027
	156	159	171	158	163	174		
RbZn	0,1102	0,1112	0,1130	0,1125	0,1135	0,1154	0,0023	0,0023
	76	81	92	77	82	93		
CsZn	0,1026	0,1031	0,1038	0,1048	0,1053	0,1061	0,0022	0,0022
KFe	0,1296	0,1310	0,1344	0,1323	0,1339	0,1373	0,0027	0,0029
	168	170	184	170	175	187		
RbFe	0,1128	0,1140	0,1160	0,1153	0,1164	0,1186	0,0025	0,0024
	77	83	93	80	85	96		
CsFe	0,1051	0,1057	0,1067	0,1073	0,1079	0,1090	0,0022	0,0022
KNi	0,1276	0,1294	0,1324	0,1303	0,1321	0,1352	0,0027	0,0027
	161	167	179	161	170	183		
RbNi	0,1115	0,1127	0,1145	0,1139	0,1151	0,1169	0,0024	0,0024
	76	82	94	78	83	96		
CsNi	0,1039	0,1045	0,1051	0,1061	0,1068	0,1073	0,0022	0,0023
KCo	0,1282	0,1295	0,1325	0,1309	0,1322	0,1354	0,0027	0,0027
	163	165	176	167	169	181		
RbCo	0,1119	0,1130	0,1149	0,1142	0,1153	0,1173	0,0023	0,0023
	76	82	93	77	83	94		
CsCo	0,1043	0,1048	0,1056	0,1065	0,1070	0,1079	0,0022	0,0022
KCu	0,1281	0,1287	0,1322	0,1311	0,1318	0,1353	0,0030	0,0031
	163	165	175	168	170	179		
RbCu	0,1118	0,1122	0,1147	0,1143	0,1148	0,1174	0,0025	0,0026
	83	85	94	84	87	97		
CsCu	0,1035	0,1037	0,1053	0,1059	0,1061	0,1077	0,0024	0,0024
RbMn	0,1145	0,1153	0,1173	0,1169	0,1178	0,1200	0,0024	0,0025
	84	89	98	86	91	102		
CsMn	0,1061	0,1064	0,1075	0,1083	0,1087	0,1098	0,0022	0,0023
RbCd	0,1060	0,1068	0,1087	0,1084	0,1093	0,1113	0,0024	0,0025
	73	76	85	74	79	88		
CsCd	0,0987	0,0992	0,1002	0,1010	0,1014	0,1025	0,0023	0,0022

digkeiten, oder der entsprechenden Brechungsexpon ist ungefähr 0,0001 für *Na*-Licht und 0,0002 für *Li*-Lich die Ordnung ist die gewöhnliche für die Reihe; für *G* weichen die Werthe ebenfalls ungefähr 0,0001 ab, die Or aber ist umgekehrt. Also besitzt für die Wellenlänge 4 schwefelsaure Cäsium-Magnesium scheinbar einaxig tische Eigenschaften. Die eben erwähnten Differenzen f dere Wellenlängen sind so ausserordentlich gering, da diese Indices lieferndes Prisma von 60° nur ein einziges B

Tabelle der molekularen Refraction und Dispersion (Lorenz).

Salz	Molekulare Refraction, $\frac{n^2-1}{n^2+2}\cdot\frac{M}{d}=m$						Molekulare Dispersion, $m_G - m_C$		
	Für Strahl C (H_α)			Für Strahl G (H_γ)					
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
KMg	54,18	54,40	55,66	55,34	55,55	56,88	1,16	1,15	1,22
	3,24	3,21	2,91	3,26	3,27	2,92			
RbMg	57,42	57,61	58,57	58,60	58,82	59,80	1,18	1,21	1,23
	5,69	5,54	5,21	5,89	5,68	5,34			
CsMg	63,11	63,15	63,78	64,49	64,50	65,14	1,38	1,35	1,36
KZn	55,72	56,29	57,61	56,86	57,48	58,84	1,14	1,19	1,23
	3,30	3,24	2,87	3,39	3,30	2,95			
RbZn	59,02	59,53	60,48	60,25	60,78	61,79	1,23	1,25	1,31
	5,67	5,45	4,98	5,83	5,58	5,09			
CsZn	64,69	64,98	65,46	66,08	66,36	66,88	1,39	1,38	1,42
KFe	56,22	56,87	58,34	57,41	58,09	59,60	1,19	1,22	1,26
	3,18	3,15	2,75	3,29	3,21	2,81			
RbFe	59,40	60,02	61,09	60,70	61,30	62,41	1,30	1,28	1,32
	5,91	5,63	5,20	5,99	5,74	5,30			
CsFe	65,31	65,65	66,29	66,69	67,04	67,71	1,38	1,39	1,42
KNi	55,75	56,54	57,84	56,93	57,73	59,06	1,18	1,19	1,22
	3,25	3,13	2,75	3,34	3,21	2,84			
RbNi	59,00	59,67	60,59	60,27	60,94	61,90	1,27	1,27	1,31
	5,84	5,59	5,02	5,93	5,72	5,09			
CsNi	64,84	65,26	65,61	66,20	66,66	66,99	1,36	1,40	1,38
KCo	56,08	56,66	58,00	57,28	57,84	59,26	1,20	1,18	1,26
	3,23	3,21	2,89	3,25	3,28	2,92			
RbCo	59,31	59,90	60,89	60,53	61,12	62,18	1,22	1,22	1,29
	5,88	5,61	5,11	6,04	5,77	5,23			
CsCo	65,19	65,51	66,00	66,57	66,89	67,41	1,38	1,38	1,41
KCu	56,48	56,75	58,30	57,81	58,11	59,68	1,33	1,36	1,38
	3,17	3,11	2,90	3,18	3,11	2,93			
RbCu	59,65	59,86	61,20	60,99	61,22	62,61	1,34	1,36	1,41
	5,39	5,34	4,98	5,55	5,48	5,08			
CsCu	65,04	65,20	66,18	66,54	66,70	67,69	1,50	1,50	1,51
RbMn	60,14	60,58	61,65	61,43	61,89	63,04	1,29	1,31	1,39
	5,67	5,43	5,03	5,78	5,54	5,10			
CsMn	65,81	66,01	66,68	67,21	67,43	68,14	1,40	1,42	1,46
RbCd	61,71	62,23	63,31	63,13	63,66	64,81	1,42	1,43	1,50
	5,20	4,96	4,60	5,26	5,01	4,61			
CsCd	66,91	67,49	67,91	68,39	68,67	69,42	1,48	1,48	1,51

Spectrometerspaltes zeigt, sogar für *Li*-Licht, wenn nicht ein ausserordentlich stark vergrösserndes Ocular im Teleskop gebraucht wird.

Es ist weiter zu erwähnen, dass der Einfluss des zweiten Metalls nur bei dem Verhältnisse a : b bemerkbar ist, dass aber keine bestimmte, von dem Atomgewicht abhängige Beziehung zwischen den Werthen dieses Verhältnisses in den dasselbe Alkalimetall enthaltenden Salzgruppen zu finden ist. Wie aber eben gezeigt wurde, ist bei den Magnesium- und Nickel-

Tabelle der molekularen Refraction (Gladstone und Dale), $\frac{n-1}{d}M$, für den Strahl C.

Salz:	a	Diff.:	b	Diff.:	c	Diff.:
KMg	90,97		91,40		93,86	
RbMg	96,60	5,63	96,97	5,57	98,86	5,00
CsMg	106,76	10,16	106,80	9,83	108,08	9,22
KZn	94,02		95,14		97,77	
RbZn	99,77	5,75	100,78	5,64	102,67	4,90
CsZn	109,98	10,21	110,56	9,78	111,52	8,85
KFe	94,82		96,10		99,03	
RbFe	100,36	5,54	101,58	5,48	103,71	4,68
CsFe	111,01	10,65	111,70	10,12	112,99	9,28
KNi	94,25		95,81		98,42	
RbNi	99,92	5,67	101,25	5,44	103,09	4,67
CsNi	110,46	10,54	111,31	10,06	112,03	8,94
KCo	94,72		95,87		98,54	
RbCo	100,34	5,62	101,50	5,63	103,49	4,95
CsCo	110,95	10,61	111,58	10,08	112,57	9,08
KCu	95,48		96,01		99,11	
RbCu	100,99	5,51	101,41	5,40	104,09	4,98
CsCu	110,64	9,65	110,97	9,56	112,96	8,87
RbMn	101,47		102,32		104,44	
CsMn	111,62	10,15	112,03	9,71	113,36	8,92
RbCd	104,21		105,23		107,39	
CsCd	113,59	9,38	114,16	8,93	115,58	8,19

salzen der specifische modificirende Einfluss des zweiten Metalls auf die optischen Eigenschaften von beträchtlicher Wichtigkeit.

Molekulare optische Constanten. In den Tabellen auf S. 232, 233 und 234 sind die optischen Constanten, mit Hilfe der Formeln von Lorenz und von Gladstone und Dale berechnet, verglichen.

Die folgenden Thatsachen gehen aus diesen Tabellen hervor:

Die gesammten specifischen und molekularen optischen Constanten jedes Rubidiumsalzes der Reihe liegen in der Mitte zwischen denjenigen der dasselbe zweite Metall enthaltenden Kalium- und Cäsiumsalze.

Die Ersetzung des Kaliums durch Rubidium und des letzteren durch Cäsium wird von einer Verminderung der specifischen Refraction und Dispersion begleitet, deren Betrag

zweimal so gross ist, wenn die erste chemische Veränderung eintritt, als wenn die letztere Vertauschung stattfindet. Die grösste Verminderung der specifischen Refraction ergiebt sich längs der Axe $\mathfrak{c}$; die etwas geringeren Beträge der Verminderung längs $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ sind beinahe identisch, aber diejenige nach $\mathfrak{b}$ ist immer ein wenig grösser.

Dieselben chemischen Ersetzungen, bei denen Zunahme des Atomgewichtes eintritt, werden von einer Zunahme der molekularen Refraction und Dispersion begleitet, deren Betrag am grössten ist, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird; das Verhältniss für die beiden Veränderungen der molekularen Refraction ist 3 : 5. Der Betrag der Zunahme der molekularen Refraction längs $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ ist beinahe gleich, derjenige längs der ersten Richtung ist etwas grösser und stellt das Maximum dar; die minimale Zunahme findet längs $\mathfrak{c}$ statt.

Diese Regeln gelten gleich gut, ob die Constanten mit Hilfe der Formeln von Lorenz oder derjenigen von Gladstone und Dale berechnet sind, und welche auch die Wellenlänge sei, wofür die Vergleichung der Refractionsconstanten gemacht wird. Da ferner Refraction und Dichte gleichmässig durch Temperaturveränderung verändert werden, sind sie unabhängig von der Temperatur.

In Rücksicht auf die letztere Schlussfolgerung ist zu bemerken, dass das Hauptziel der Bestimmungen der Brechungsexponenten bei höheren Temperaturen war, diesen Punkt zu beweisen. In allen Fällen wurde gefunden, dass die Temperaturerhöhung von einer Erniedrigung der Refraction begleitet war, deren Betrag für 50° Temperaturerhöhung von 0,0012 bis 0,0020 variirte.

Es ist weiter zu erwähnen, dass die Refractionsäquivalente der Alkalimetalle selbst ähnliche Beziehungen zeigen. Die Differenz zwischen den Refractionsäquivalenten von Rubidium (10,5) und Kalium (7,8) ist 2,7, während diejenige zwischen den Aequivalenten von Cäsium (15,3) und Rubidium 4,8 ist. Die Werthe der Aequivalente sind diejenigen, welche vom Verfasser aus der Vergleichung der Resultate der beiden Untersuchungen über die einfachen und doppelten Sulfate abgeleitet worden sind, wie in der nachfolgenden Mittheilung beschrieben ist.

Was den Einfluss des zweiten Metalls betrifft, so beobachtet man Folgendes:

Der Einfluss des zweiten Metalls in Bezug auf die Veränderungen der molekularen optischen Constanten ist nur schwach im Verhältniss zu demjenigen des Alkalimetalls. Er ist jedoch bemerkbar im Fall der nahe verwandten Metalle

Magnesium, Zink und Cadmium. Die specifische Refract nimmt ab, wenn Magnesium durch Zink ersetzt wird, und w der, wenn Zink durch Cadmium ersetzt wird, während molekulare Refraction unter gleichen Umständen zunimı Der Betrag der Veränderung ist am grössten für die spe fische Refraction, wenn Magnesium durch Zink ersetzt wi und, im Falle der molekularen Refraction, wenn Zink du Cadmium ersetzt wird; dies ist eine ähnliche Ordnung, v das Atomgewicht betrifft, wie es bei Ersetzung des Alkε metalls beobachtet wurde.

Winkel der optischen Axen. In der folgenden Tabelle s die Werthe des wahren Axenwinkels $2V_a$ für die verschiedenen Salze Reihe so zusammengestellt, dass man die drei Salze jeder Gruppe le vergleichen kann.

Vergleichungstabelle des wahren optischen Axenwinkels 2I

Natur des Lichtes:	*KMg*-Salz:	*RbMg*-Salz:	*CsMg*-Salz (nicht vergleichbar, ausserordentliche Eigenschaften):	*KZn*-Salz:	*RbZn*-Salz:	*CsZn*-S
Li	48° 0′	49° 6′	18°10′	68°17′	73°42′	74°3
C	47 59	49 2	18 0	68 16	73 40	74 2
Na	47 54	48 46	16 25	68 14	73 33	74 1
Tl	47 48	48 29	14 20	68 12	73 27	73 5
F	47 40	48 10	11 15	68 9	73 18	73 3
	KFe-Salz:	*RbFe*-Salz:	*CsFe*-Salz:	*KNi*-Salz:	*RbNi*-Salz:	*CsNi*-S
Li	67° 1′	73°24′	75° 2′	75°21′	82° 5′	92°4
C	67 2	73 23	75 0	75 19	82 4	92 4
Na	67 7	73 21	74 51	75 16	82 0	92 3
Tl	67 12	73 18	74 42	75 13	81 56	92 3
F	67 19	73 13	74 31	75 9	81 48	92 2
	KCo-Salz:	*RbCo*-Salz:	*CsCo*-Salz:	*KCu*-Salz:	*RbCu*-Salz:	*CsCu*-S
Li	68°38′	75°15′	81°42′	46° 1′	44°26′	43°
C	68 39	75 14	81 40	46 6	44 29	43
Na	68 41	75 11	81 34	46 32	44 42	43 2
Tl	68 44	75 8	81 29	47 0	44 57	43 4
F	68 48	75 3	81 22	47 33	45 15	44
		RbMn-Salz:	*CsMn*-Salz:		*RbCd*-Salz:	*CsCd*-S
Li	—	67°10′	60°10′	—	72°20′	68°
C	—	67 8	60 7	—	72 21	68
Na	—	67 5	59 57	—	72 26	67 5
Tl	—	67 1	59 46	—	72 31	67 4
F	—	66 55	59 28	—	72 37	67 2

Hieraus geht Folgendes hervor:

Die Magnesiumgruppe ausgenommen, in welcher das Cäsiumsalz nicht streng mit den beiden anderen Salzen vergleichbar ist wegen der ausserordentlichen Bedingungen, welche durch die Wirkung der die Geschwindigkeitsverhältnisse betreffenden Regel veranlasst werden, ist der optische Axenwinkel (Winkel zwischen den optischen Binormalen von Fletcher) irgend eines Rubidiumsalzes der Reihe in der Mitte zwischen den Axenwinkeln der dasselbe zweite Metall enthaltenden Kalium- und Cäsiumsalze, was immer auch die Wellenlänge sei, welche für die Vergleichung gewählt wird. Diese Regel stimmt vollkommen mit derjenigen über die regelmässige Veränderung der Geschwindigkeitsverhältnisse überein; jene regelmässige Veränderung bedingt eine ebensolche des optischen Axenwinkels, welcher in den verschiedenen Gruppen nach der relativen Grösse der Convergenz der äussersten Werthe der Geschwindigkeit gegen den mittleren Werth variirt, wenn das Alkalimetall durch ein anderes von höherem Atomgewicht ersetzt wird. Diese Variation im Charakter der regelmässigen Veränderung des optischen Axenwinkels wird durch den Einfluss des zweiten Metalls bedingt.

Es ist interessant, diese Variation mit Hilfe der Curven Fig. 36 bis 40 zu verfolgen. Im Falle der Zinksalze (Fig. 36) verursacht die schnellere Convergenz der $\mathfrak{c}$-Curve, im Vergleich mit derjenigen der $\mathfrak{a}$-Curve, eine regelmässige Verminderung der Differenz von $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$, verglichen mit der zwischen $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$, und daher eine Zunahme des optischen Axenwinkels, wenn man von Kalium- zum Rubidiumsalz übergeht; die Thatsache, dass die $\mathfrak{a}$-Curve schneller convergirt, wenn man sich dem Cäsiumsalz nähert, vermindert die Wirkung, und so ist die anguläre Zunahme, welche von dem Cäsiumsalz dargestellt wird, nicht so gross, als die erste Zunahme war. Dasselbe gilt für die Eisensalze (Fig. 37). Im Falle der Kobaltsalze (Fig. 39) ist die Differenz zwischen den optischen Axenwinkeln des Kalium- und Rubidiumsalzes beinahe dieselbe, wie diejenige zwischen dem Rubidium- und Cäsiumsalz, da die $\mathfrak{c}$-Curve ebenfalls schneller convergirt, wenn man sich dem Cäsiumsalz nähert. Die verschiedene chemische Natur des Kupfers tritt auch hier wieder hervor in dem viel kleineren optischen Axenwinkel, was dadurch verursacht wird, dass bei jedem der Kupfersalze die Geschwindigkeit $\mathfrak{c}$ am weitesten von dem Werthe $\mathfrak{b}$ entfernt ist, wie aus Fig. 40 klar hervorgeht, während der Werth $\mathfrak{a}$ ausnahmsweise nahe dem mittleren Werthe ist; ausserdem ist die $\mathfrak{a}$-Curve concav, während sie bei allen anderen Gruppen convex ist.

Die Nickelgruppe ist besonders interessant, denn sie zeigt im Falle

des Cäsiumsalzes eine Umkehrung der Mittellinien. Man wird bemerk dass der in der Tabelle gegebene optische Axenwinkel mehr als 90° trägt; in diesem Falle ist es also der stumpfe Winkel, welcher mit den deren verglichen werden muss, weil seine Mittellinie (die zweite) die Richtung der ersten Mittellinien der beiden anderen Salze analoge Richtı ist. Die Beziehungen der den Axenwinkel bestimmenden Geschwind keiten längs der Axenrichtungen des optischen Ellipsoids sind schon v ständig auseinandergesetzt worden, und es bleibt nur übrig, zu erwähn dass die Phänomene der optischen Axen genau diejenigen sind, wel aus diesen Beziehungen zu erwarten waren. Die folgende Schlussfolgeru ist daher hinzuzufügen:

Die erste Mittellinie ist die minimale Axe c des optisch Ellipsoids bei jedem Salz der Reihe, in Uebereinstimmung n dem positiven Zeichen der Doppelbrechung, mit Ausnahn des schwefelsauren Cäsium-Nickels. Beim letzteren kom eine Umkehrung der Mittellinien vor; die erste Mittellinie i die maximale Axe a und das Zeichen der Doppelbrechu negativ, eine directe Folge der Regel für die Geschwindi keitsverhältnisse, wie in dem dieses Salz betreffenden u die Regel behandelnden Paragraphen nachgewiesen word ist. In Uebereinstimmung mit jenen Beziehungen der G schwindigkeit ist der optische Axenwinkel schon bei Kaliu Nickel-Sulfat ausserordentlich gross, und in Folge der f die regelmässige Veränderung des optischen Axenwink gültigen Regel wird der letztere beim Cäsiumsalz so gros dass er 90° überschreitet, und die Mittellinie, welche vorh die erste war, jetzt die zweite wird.

Es bleibt noch übrig, die Verhältnisse der optischen Axenwinkel der Magnesiumsalzgruppe zu erörtern. Schwefelsaures Cäsium-Magnesi stellt einen der interessantesten Fälle von Dispersion in gekreuzten Ax ebenen dar, welche bisher im monosymmetrischen Systeme bekannt i Seine ausserordentlichen Refractionsphänomene sind schon beschrieben u als eine weitere Folge der Regel betreffend die Geschwindigkeit von Lic schwingungen nachgewiesen worden. Aus der früheren Erfahrung dem normalen Rubidiumsulfat, bei welchem äusserst schwache Dopp brechung mit grosser Annäherung an Identität für zwei der Geschwind keitswerthe verbunden war, war es sehr wahrscheinlich, dass ähnli Bedingungen im Falle des *CsMg*-Sulfats, d. h. eine grosse Empfindli keit des optischen Axenwinkels gegen Veränderung der Wellenlänge angewandten Lichtes und gegen Veränderung der Temperatur, vorhan sein würden. Die Resultate, welche in der Beschreibung dieses Salzes gegeben sind, zeigen, in welch interessanter Weise sich diese \

muthung bestätigt hat. Die Hauptthatsachen kann man kurz wie folgt zusammenstellen:

Bei den drei Magnesiumsalzen schreitet die Aenderung des optischen Axenwinkels vom Kalium- zum Rubidiumsalz regelmässig fort. Aber wegen der ausserordentlichen Beziehungen der Geschwindigkeiten längs der drei Axenrichtungen, welche beim Cäsiumsalz in Folge der Regel für die Geschwindigkeitsveränderungen eintreten, zeigen die Krystalle von *Cs*-*Mg*-Sulfat ganz ausserordentliche Erscheinungen, betreffend die optischen Axenwinkel, nämlich sehr grosse Dispersion für verschiedene Wellenlängen in gekreuzten Axenebenen und grosse Empfindlichkeit gegen Temperaturveränderung.

Uebrigens müssen, wegen der grossen Annäherung der Grenzwerthe der Geschwindigkeit, d. h. der äusserst schwachen Doppelbrechung, Schnittplatten wenigstens 5 mm dick sein, um scharf definirte Interferenzbilder zu liefern. Für *Li*-Licht sind die optischen Axen um 18° in der Symmetrieebene getrennt; wenn man das angewandte Licht durch Gelb nach Blau verändert, nähern sich die Axen einander mehr und mehr, bis für blaues Licht der Wellenlänge 450 sie sich im Centrum des Gesichtsfeldes vereinigen, um ein scheinbar einaxiges Bild herzustellen. Wenn man die Wellenlänge noch weiter vermindert, trennen sich die Axen wieder, aber in der Ebene, welche senkrecht zu ihrer früheren Ebene steht, und für *G*-Licht beträgt die Trennung in dieser Ebene 7°. Diese Werthe beziehen sich auf $2V_a$; was den scheinbaren Winkel in Luft betrifft, so ist $2E$ für *Li* 26° in der Symmetrieebene, und für *G* ist er 13° in der dazu senkrechten Ebene. Wenn man den Krystall erwärmt, nähern sich die Axen einander in der Symmetrieebene, und bei 50° zeigt sich das einaxige Kreuz mit kreisförmigen Ringen für *F*-Licht, bei 70° für *Tl*-Licht, bei 85° für *Na*-Licht, bei 100° für *C*-Licht und bei 103° für *Li*-Licht, so dass dann die Dispersion der Axen ganz in der zur Symmetrieebene senkrechten Ebene stattfindet. Wenn man den Krystall unmittelbar abkühlen lässt, ist die Platte gar nicht beschädigt, und die Phänomene treten in der umgekehrten Ordnung wieder ein. Die Entfernung der optischen Axen hat aber dann eine geringe permanente Verkleinerung erfahren.

Also stellt das schwefelsaure Cäsium-Magnesium eines der interessantesten Beispiele von grosser Dispersion in gekreuzten Axenebenen dar, welches bisher bei monosymmetrischen Krystallen beschrieben worden ist, und die gesammten Phänomene sind das unmittelbare Resultat der Regel, welche das Atomgewicht des darin enthaltenen Metalls mit der Geschwindigkeit der Lichtschwingungen verbindet.

Was die Veränderung des optischen Axenwinkels mit der Temperatur betrifft, so wurde eine andere interessante Thatsache erkannt, nämlich die Beziehung der Aenderung zu den Atomgewichten der Alkalimetalle. Die folgende Tabelle zeigt den Sinn und Betrag der Veränderung, welche in dem scheinbaren optischen Axenwinkel in Luft durch eine Erhöhung der Temperatur, um 50° über die gewöhnliche, hervorgebracht wird.

Veränderung des scheinbaren optischen Axenwinkels in Luft für 50° Temperaturerhöhung.

Zweites Metall	Alkalimetall		
	K	*Rb*	*Cs*
Mg	Zunahme von $2\frac{1}{4}$°	keine Veränderung	Abnahme von ausserordentlicher Natur
Zn	- - $2\frac{1}{4}$	Zunahme von $1\frac{1}{4}$°	Abnahme von $2\frac{1}{2}$°
Fe	- - 2	- - 1	- - $1\frac{1}{2}$
Ni	- - $2\frac{1}{2}$	- - $1\frac{1}{2}$	Winkel zu gross f. d. Messung
Co	- - $2\frac{1}{4}$	- - 2	- - - -
Cu	- - 9	- - $3\frac{3}{4}$	Abnahme von $1\frac{1}{2}$°
Mn	—	- - 1	- - $2\frac{1}{2}$

Es geht klar aus dieser Tabelle Folgendes hervor:

Die Erhöhung der Temperatur bewirkt eine Zunahme der optischen Axenwinkel der Kaliumsalze der Reihe, welche gewöhnlich $2\frac{1}{4}$° für 50° Erhöhung beträgt; die Wirkung einer ähnlichen Temperaturveränderung auf die Rubidiumsalze besteht in einer geringen angulären Zunahme, welche, nicht bemerkbar beim *RbMg*-Sulfat, gewöhnlich aber $1\frac{1}{2}$° beträgt. Bei den Cäsiumsalzen wird stets eine Abnahme des optischen Axenwinkels beobachtet, im Durchschnitt von ungefähr 2°, aber ausnahmsweise gross beim *CsMg*-Sulfat, zufolge der früher erwähnten Ursache. Die Kupfersalze zeigen auch hier wieder Abweichungen, indem sie grössere Zunahmen von 9° resp. $3\frac{3}{4}$° bei dem Kalium- resp. Rubidiumsalze aufweisen. In allen Fällen aber wird beobachtet, dass das Rubidiumsalz irgend einer Gruppe eine mittlere Stellung einnimmt, mit einem optischen Axenwinkel, welcher nur eine geringe Veränderung bei der Temperaturerhöhung zeigt, zwischen dem entsprechenden Kaliumsalz, welches eine grössere positive Veränderung erfährt, und dem Cäsiumsalz derselben Gruppe, welches eine negative Veränderung erleidet.

Diese Thatsache erläutert in auffallender Weise die Vollständigkeit, mit welcher die Aenderung des Atomgewichtes des Alkalimetalls sogar

die geringsten Einzelheiten der optischen Eigenschaften der Krystalle beherrscht.

Was die Veränderungen betrifft, welche in den Geschwindigkeiten der Lichtschwingungen längs der drei Axenrichtungen durch Temperaturerhöhung hervorgebracht werden, so ist früher gezeigt worden, dass die Bestimmungen der Brechungsexponenten bei 70° mit Sicherheit nur die mittlere Erniedrigung der Refraction bei Temperaturerhöhung liefern. Die Veränderungen im optischen Axenwinkel zeigen aber, dass die durch Temperaturerhöhung hervorgebrachte Geschwindigkeitszunahme am grössten längs der $\mathfrak{c}$-Axe ist und am kleinsten längs der $\mathfrak{a}$-Axe. Die schnellere Annäherung von $\mathfrak{c}$ an $\mathfrak{b}$ würde die Zunahme des Winkels bei den Kalium- und Rubidiumsalzen erklären, wegen der viel grösseren Annäherung der Werthe $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ bei den Cäsiumsalzen wirken aber die kleinen Veränderungen längs der ersten Axe relativ mehr ändernd auf die Beziehungen der drei Werthe ein, besonders im Falle des *Cs-Mg*-Sulfats, und daher muss eine Abnahme des Winkels eintreten. Dass dieses der Fall ist, wurde für das *Cs-Mg*-Sulfat nachgewiesen, denn die beiden, α und β entsprechenden Spaltbilder näherten sich einander bei Erwärmung des Prismas bis zur Coincidenz und trennten sich dann wieder nach entgegengesetzten Seiten, entsprechend einer Vertauschung der Werthe $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$. Es ist klar, dass selbst eine grosse Veränderung von $\mathfrak{c}$, so lange sie nicht die Identität mit $\mathfrak{b}$ bewirkt, nicht ausreicht, um die Annäherung an die Eigenschaften eines einaxigen Krystalls zu verhindern. Die anderen Gruppen verhalten sich ohne Zweifel ähnlich, was die relativen Veränderungen der Geschwindigkeiten betrifft, obgleich hier nicht so extreme Fälle vorliegen.

Die Dispersionsordnung der Mittellinien ist in der ganzen Reihe durchweg dieselbe, mit Ausnahme zweier Salze. Diese sind das Cäsium-Magnesium- und das Cäsium-Kupfersalz, welche eine sehr grosse Annäherung der Brechungsexponenten α und β an die Identität zeigen.

Der Betrag der Dispersion ist sehr gering, nur selten bis nahe $\frac{1}{2}$° zwischen *Li* und *F*, und gewöhnlich nicht $\frac{1}{4}$° überschreitend, also viel zu gering, um Differenzen zwischen dem Kalium-, Rubidium- und Cäsium-Salze irgend einer Gruppe festzustellen. Schliesslich bleibt noch eine Thatsache, die Mangan- und Cadmiumsalze betreffend, zu bemerken.

Obgleich die Kaliumsalze der Mangan- und der Cadmiumgruppe noch nicht dargestellt worden sind, so darf man doch aus dem Umstande, dass die von den Rubidium- und Cäsiumsalzen dieser Gruppen gelieferten Resultate ganz analog denjenigen der anderen Rubidium- und Cäsiumsalze der Reihe sind, mit Sicherheit schliessen, dass jene ganz ähnliche Beziehungen zu den entsprechenden Rubidium- und Cäsiumsalzen zeigen würden, wie diejenigen, welche bei den

sechs Gruppen gültig gefunden worden sind, deren Glied vollständig studirt werden konnten.

Es mag der Mühe werth sein, die wahrscheinlichen morphologisch und physikalischen Constanten dieser zwei möglichen Salze der Reihe a zudeuten, im Falle, dass sie jemals dargestellt werden. Nach der I trachtung aller Thatsachen, welche in der vorhergehenden Erörterung c Resultate dieser Untersuchung dargelegt worden sind, kommt man dem Schlusse, dass die folgenden Werthe sich nicht weit von der Wal heit entfernen werden:

Schwefelsaures Kalium-Manganoxydul, $K_2Mn(SO_4)_2.6H_2O$.

Axenwinkel: $\beta = 75^0 13'$.
Axenverhältnisse: $a : b : c = 0{,}739 : 1 : 0{,}497$.
Specifisches Gewicht: 2,110.
Orientirung der Axen des optischen Ellipsoids: $\mathfrak{a} : c = 13^0$.
Brechungsexponenten (Na): $\alpha = 1{,}469$, $\beta = 1{,}475$, $\gamma = 1{,}48$
Optischer Axenwinkel: 70°.

Schwefelsaures Kalium-Cadmium, $K_2Cd(SO_4)_2.6H_2O$.

Axenwinkel: $\beta = 75^0 20'$.
Axenverhältnisse: $a : b : c = 0{,}737 : 1 : 0{,}495$.
Specifisches Gewicht: 2,325.
Orientirung der Axen des optischen Ellipsoids: $\mathfrak{a} : c = 12^0$.
Brechungsexponenten (Na): $\alpha = 1{,}474$, $\beta = 1{,}480$, $\gamma = 1{,}49$
Optischer Axenwinkel: 74°.

Zusammenfassung der Schlussfolgerungen.

Die vorhergehende Mittheilung ist ausschliesslich, mit Ausnahme d Vorhersage der Eigenschaften der zwei bisher nicht darstellbaren Kaliur salze der Reihe, auf die wirklichen Beobachtungen beschränkt worde welche während des Verlaufs dieser Arbeit ausgeführt worden sind, u die Resultate sind daher eine Sammlung von Thatsachen. Theoretisch Betrachtungen und Speculationen, welche daraus betreffs der interessa ten Frage nach der Natur der Structureinheit und anderer Aufgaben g zogen werden können, folgen in einer separaten Mittheilung.

Um eine vollkommene Uebersicht der ganzen Arbeit über diese Sa reihe zu erhalten, mögen die Schlussfolgerungen betreffs der Morpholo aus der früheren Mittheilung (§ 1—6) in abgekürzter Form mit aufgeno men und so eine vollständige Zusammenstellung der Schlussfolgerung gegeben werden.

Die Morphologie.

1) Die Salze der monosymmetrischen Reihe $R_2M(SO_4)_2.6H_2O$, wel Cäsium als Alkalimetall enthalten, weisen die grösste Bildungsleichtigk

und Krystallisationsfähigkeit auf, und diejenigen, welche Kalium enthalten, die geringste; die Rubidium enthaltenden Salze stehen in dieser Hinsicht dazwischen.

2) Die Krystalle der Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze dieser Reihe, obgleich sie durch dieselben gemeinschaftlichen Flächen begrenzt sind, besitzen, jede Classe für sich, einen specifischen, charakteristischen Habitus; der Habitus der Krystalle der Kaliumsalze ist ganz verschieden von demjenigen der Cäsiumsalze, und der Habitus der Krystalle der Rubidiumsalze steht gewöhnlich dazwischen.

3) Der Axenwinkel β an den Krystallen der Salze dieser Reihe nimmt mit der Zunahme des Atomgewichtes des darin enthaltenen Alkalimetalls zu, und seine Grösse bei irgend einem Rubidiumsalz ist in der Mitte zwischen den Werthen für das, dasselbe zweiwerthige Metall enthaltende, Kalium- und Cäsiumsalz.

Die relativen Beträge der Veränderung, die in der Grösse des Axenwinkels durch die Ersetzung des Alkalimetalls Kalium durch Rubidium, und dann des Rubidium durch Cäsium, hervorgebracht wird, sind einfach proportional den relativen Differenzen zwischen den Atomgewichten der ausgewechselten Metalle.

Diese Veränderungen in der Grösse des Axenwinkels, welche durch die Ersetzung eines Alkalimetalls durch ein anderes hervorgebracht werden, sind sehr beträchtlich und gewöhnlich einen ganzen Grad überschreitend; daher sind sie von den äussersten Grenzen der Messungs- und Wachsthumsfehler weit entfernt.

4) Die Werthe aller Winkel zwischen den Flächen der Krystalle der Salze dieser Reihe, welche Rubidium als Alkalimetall enthalten, liegen zwischen den Werthen der analogen Winkel an den Krystallen der Salze, welche Kalium resp. Cäsium enthalten.

Die Differenzen zwischen entsprechenden Winkeln, ausser dem Axenwinkel, sind im Allgemeinen nicht direct proportional den Differenzen zwischen den Atomgewichten der Alkalimetalle. Die grösste Abweichung von der einfachen Proportionalität kommt in der Prismenzone vor, worin das Verhältniss der Differenzen, welche von der Ersetzung des Kalium durch Rubidium, resp. des Rubidium durch Cäsium, hervorgebracht werden, zufolge der Natur des zweiten vorhandenen Metalls, von 1 : 2 bis 1 : 3 variirt.

Die Thatsache, dass die Differenzen zwischen den Grössen mancher Winkel der Cäsium- und Rubidiumsalze so viel grösser als diejenigen zwischen den Rubidium- und Kaliumsalzen sind, deutet an, dass, wenn das Atomgewicht steigt, es einen Einfluss auf diese Winkel ausübt, welch viel stärker als blos verhältnissmässig seiner Zunahme ist.

5) Die Alkalimetalle üben einen vorherrschend bestimmenden l
fluss auf die geometrische Gestalt der Krystalle dieser Reihe aus.
Grössen der Winkel werden bei der Ersetzung eines Alkalimetalls dı
das nächst höhere oder niedrigere um einen Betrag verändert, welcher
Maximum von mehr als einem Grad bei gewissem Winkel erreicht, währ
die Ersetzung eines zweiwerthigen Metalls durch ein anderes dersel
Familiengruppe nicht von irgend einer wesentlichen Winkelveränder
begleitet wird.

Die verschiedene chemische Natur des Kupfers, verglichen mit den
deren zweiwerthigen Metallen, zeigt sich in den zuweilen einen ganzen G
betragenden Differenzen zwischen den absoluten Werthen der Winkel
dieses Metall enthaltenden Salze und denjenigen, welche ein and
zweites Metall enthalten. Die von den drei Kupfersalzen dargestellten
ziehungen sind aber in strenger Uebereinstimmung mit den Regeln 3 un
eine Thatsache, welche andeutet, dass jene Regeln nicht zufällig sind.

6) Die Wichtigkeit der Axenverhältnisse, die Veränderung der g
metrischen Gestalt, welche durch die Ersetzung eines Alkalimetalls dı
ein anderes hervorgebracht wird, anzugeben, wird durch die Thatsache
deutend vermindert, dass gleichzeitige Veränderungen der bestimmen
Winkel vorkommen, die mehr oder weniger einander neutralisiren ı
folglich verursachen, dass die Differenzen sehr klein sind. Es wird a
im Allgemeinen beobachtet, dass bei irgend einer Reihe dreier, dass
zweiwerthige Metall enthaltenden Salze die Verhältnisse für das Rubidiı
salz zwischen denjenigen des Kalium- und Cäsiumsalzes und etwas nä
an denjenigen des Kaliumsalzes liegen.

7) Die sämmtlichen Salze der Reihe besitzen eine gemeinschaftli
Spaltungsrichtung, parallel dem Orthodoma r' $\{\bar{2}01\}$.

Das Volum.

8) Das specifische Gewicht nimmt von einem approximativ constan
Betrage aus für jede der beiden Ersetzungen in der ganzen Reihe durch
zu, wenn Kalium durch Rubidium und letzteres durch Cäsium ers
wird. Die Differenz, welche von der ersten Ersetzung hervorgebr
wird, ist grösser als diejenige durch die zweite und zwar im Verh
niss 5 : 4.

9) Eine Zunahme des Molekularvolums tritt ein, wenn Kalium du
Rubidium oder letzteres durch Cäsium ersetzt wird. Der Betrag der
nahme ist approximativ constant für jede der beiden specifischen V
änderungen; die Ersetzung von Kalium durch Rubidium ist immer
einer Zunahme von ungefähr 9,3 Einheiten begleitet, während der Ein
von Cäsium für Rubidium von der relativ grösseren Zunahme von unge
13 Einheiten begleitet ist.

10) Der Werth des Molekularvolums ist in erster Linie eine Function des Alkalimetalls *R*; die Ersetzung des zweiten Metalls *M* ist von einer relativ geringen Volumveränderung begleitet. Z. B.: obgleich die Differenz zwischen den Atomgewichten von Magnesium und Zink resp. Kupfer beinahe dieselbe, wie diejenige zwischen Kalium und Rubidium oder Rubidium und Cäsium ist, ist doch die maximale Veränderung, welche durch Vertauschung der ersten drei Metalle hervorgebracht wird, weniger als eine Einheit, während die Beträge der Veränderungen, welche durch Vertauschung der letztgenannten Metalle hervorgebracht werden, die in der letzten Schlussfolgerung (9) gegebenen sind, und wenn Kalium durch Cäsium ersetzt wird, beträgt die Volumveränderung nicht weniger als 22 Einheiten.

11) Eine Vergleichung der topischen Axenverhältnisse, welche durch Verbindung der morphologischen Axenverhältnisse mit dem Molekularvolum erhalten werden, deutet an, dass die Ersetzung des Kalium durch Rubidium oder des letzteren durch Cäsium von einer beträchtlichen Zunahme der gegenseitigen Entfernung der Centren der Structureinheiten oder Gruppen solcher Einheiten längs jeder der Axenrichtungen, der Volumzunahme entsprechend, begleitet wird. Die topischen Axenverhältnisse irgend eines Rubidiumsalzes der Reihe sind folglich in der Mitte zwischen denjenigen der, dasselbe zweite Metall enthaltenden, Kalium- und Cäsiumsalze. Die relativen Beträge der Zunahme, wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird, einerseits, und wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, andererseits, sind ungefähr gleich längs der geneigten Axe *a*; sie sind aber beträchtlich grösser längs der Symmetrieaxe *b* und der Verticalaxe *c*, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, als wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird. Was die relativen Beträge der Zunahme längs der Richtungen der drei Axen betrifft, so ist die Ausdehnung immer bei weitem am grössten längs der Symmetrieaxe *b* und am kleinsten längs der Verticalaxe *c*. Gewöhnlich ist die Ausdehnung längs der letzteren Richtung nicht viel geringer, als diejenige längs der geneigten Axe; bei den Kupfersalzen aber zeigt sich die Individualität jenes Metalls durch einen beträchtlichen Zuwachs der Ausdehnung längs der geneigten Axe, auf Kosten eines Ausfalles in der Ausdehnung nach der Verticalaxe.

Optische Eigenschaften.

12) Die Orientirung der veränderlichen Axen, welche in der Symmetrieebene des Lichtgeschwindigkeitsellipsoids (der Polarreciproken der optischen Indicatrix von Fletcher) liegen, ist für jedes Rubidiumsalz der Reihe in der Mitte zwischen derjenigen für das Kaliumsalz und derjenigen für das Cäsiumsalz, welches dasselbe zweite Metall enthält. Die Maximalaxe $\mathfrak{a}$ liegt am nächsten der verticalen morphologischen Axe *c* für das

Kaliumsalz jeder Gruppe und ist am weitesten für das Cäsiumsalz d entfernt. Die mittlere Stellung für das Rubidiumsalz ist immer betrå lich näher der Stellung für das Kaliumsalz als derjenigen für das Cäsi salz; also wird die Ersetzung des Rubidium durch Cäsium von einer grösseren Veränderung der Orientirung begleitet, als sie dem Verhäl der Veränderung des Atomgewichtes entspricht.

Hiernach dreht sich das optische Ellipsoid um seine mittlere A (identisch mit der Symmetrieaxe *b*), wenn ein Alkalimetall durch ein and ersetzt wird.

Die verschiedene chemische Natur des Kupfers wird wieder durch Thatsache offenbar gemacht, dass die Axe $\mathfrak{a}$ des optischen Ellipsoids *KCu*-Sulfat um einen so ausnahmsweise grossen Winkel zur Verticala geneigt ist, dass sie vor der Normalen der Basis liegt, während sie bei a anderen Kaliumsalzen der Reihe hinter jener Normalen gelegen ist.

13) Die Brechungsexponenten irgend eines Rubidiumsalzes der R sind ohne Ausnahme zwischen denjenigen der dasselbe Metall enthal den Kalium- und Cäsiumsalze gelegen und näher den Werthen für Kaliumsalz.

Eine Zunahme des Atomgewichtes des Alkalimetalls wird von e Zunahme des Refractionsvermögens des Krystalls begleitet, und die Ref tionszunahme wird relativ grösser, wenn das Atomgewicht steigt. Für Fall der Indices β, deren entsprechende Schwingungsrichtung die un änderliche Symmetrieaxe *b* ist, variiren die Beträge der Zunahme d die Ersetzung des Kalium durch Rubidium, resp. des Rubidium d Cäsium, etwas nach dem zweiten anwesenden Metalle, von 1 : 3 zu 1 :

14) Die relativen Geschwindigkeiten der Lichtschwingungen längs drei Axen des optischen Ellipsoids der Krystalle jedes Rubidiumsalzes Reihe liegen in der Mitte zwischen den Geschwindigkeiten längs der sprechenden Axenrichtungen in den Krystallen der dasselbe zweite M enthaltenden Kalium- und Cäsiumsalze. Zunahme des Atomgewichtes Alkalimetalls ist von einer Zunahme des Widerstandes der Lichtschwingun längs jeder der Axen des Ellipsoids begleitet, und diese Veränderun relativ viel grösser, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, als v Kalium durch Rubidium ersetzt wird. Im Falle der unveränderlichen I tung der Axe $\mathfrak{b}$ sind die relativen Beträge 3 : 1; die Beträge längs der $\mathfrak{a}$ sind immer etwas grösser als diejenigen längs $\mathfrak{b}$ und stehen in demse Verhältnisse, während diejenigen längs der Axe $\mathfrak{c}$ stets viel geringer und hier der Unterschied zwischen den Wirkungen der beiden Ersetzu verstärkt erscheint.

15) Eine Zunahme des Atomgewichtes des Alkalimetalls ist von Convergenz der Werthe der Geschwindigkeit längs der drei Axenrichtu $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ gegen die Einheit begleitet, und folglich von einer Verminde

der Doppelbrechung. Diese letztere ist schon sehr schwach bei den Kaliumsalzen, und sie ist äusserst schwach bei den Cäsiumsalzen; die Rubidiumsalze nehmen in dieser Hinsicht eine mittlere Stellung ein. Da die Beträge der Geschwindigkeitsveränderung längs der beiden Axen $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$, wenn Kalium durch Rubidium oder letzteres durch Cäsium ersetzt wird, nur wenig verschieden sind, werden die Beziehungen dieser zwei Geschwindigkeiten nur wenig verändert; die geringere Schnelligkeit der Veränderung längs der $\mathfrak{c}$-Axe hat aber die Wirkung, beträchtlichere Veränderungen, und zwar eine grössere Convergenz, in den Beziehungen zwischen dem Werthe für diese Axe und den zwei anderen Axenwerthen hervorzubringen. Sowohl die erstere, geringe, relative Veränderung, als auch die letztere, beträchtlichere, ist von regelmässigem Charakter, d. h. das Rubidiumsalz nimmt immer die mittlere Stellung ein.

16) Die vorhergehende Regel erhält eine merkwürdige Bestätigung im Falle des schwefelsauren Cäsium-Nickels. Mit Ausnahme dieses Salzes zeigt die ganze Reihe positive Doppelbrechung. Wegen der Thatsache, dass beim Kaliumnickelsalz die Werthe $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ das Maximum ihrer Trennung für die Reihe erreichen, obgleich alle drei Werthe noch nahe beisammen liegen und positiver Doppelbrechung entsprechen, verursacht die Gültigkeit jener Regel, dass beim Cäsiumsalz der Werth $\mathfrak{c}$, seiner schnelleren Convergenz zufolge, sich dem mittleren Werthe $\mathfrak{b}$ am meisten nähert. Also muss dieses Salz negative Doppelbrechung besitzen, was durch die Beobachtung bestätigt wird.

17) Eine andere ausserordentliche Folge der Regel 15 wird durch die Refractionsphänomene des schwefelsauren Cäsium-Magnesium dargestellt. Die Differenz zwischen den Werthen $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ ist am kleinsten für die Kaliumsalze der Reihe beim *KMg*-Sulfat, und die Regel von der Convergenz zur Einheit bewirkt im Falle des Cäsiumsalzes die wirkliche Erreichung der Einheit. Wegen der Existenz der, gewöhnlich geringen, Differenz in der Dispersion längs der Axenrichtungen ist die Coincidenz eine absolute nur für Wellenlänge 450 im Blau. Die Differenz der beiden Geschwindigkeiten oder der entsprechenden Brechungsexponenten ist ungefähr 0,0001 für *Na*-Licht und 0,0002 für *Li*-Licht, und die Ordnung ist die gewöhnliche für die Reihe; für *G*-Licht weichen die Werthe ebenfalls um ungefähr 0,0001 ab, die Ordnung ist aber umgekehrt. Also stellt für die Wellenlänge 450 schwefelsaures Cäsium-Magnesium eine scheinbar einaxige Substanz dar. Die eben erwähnten Differenzen für andere Wellenlängen sind so gering, dass ein diese Indices lieferndes Prisma von 60° nur ei Bild des Spectrometerspaltes zeigt, sogar für *Li*-Licht, wen serordentlich vergrösserndes Ocular im Teleskope gebrau

Aus dieser und der vorhergehenden Schlussfolg hervor, dass, obgleich man den geringen Einfluss

welcher hauptsächlich beim Verhältnisse $a : b$ bemerkbar ist, nicht n irgend einer mit dem Atomgewicht jenes Metalls verbundenen Regel a drücken kann, doch die specifische Natur des zweiten Metalls von beträc licher Wichtigkeit für die optischen Eigenschaften der Krystalle ist.

18) Die gesammten specifischen und molekularen optischen Constan jedes Rubidiumsalzes der Reihe sind in der Mitte zwischen denjenigen d dasselbe zweite Metall enthaltenden, Kalium- und Cäsiumsalze.

Die Ersetzung des Kalium durch Rubidium und des letzteren durch (sium wird von einer Verminderung der specifischen Refraction und Disp sion begleitet, deren Betrag zweimal so gross ist, wenn die erstere chemis Veränderung eintritt, als wenn die letztere Vertauschung stattfindet. l maximale Verminderung der specifischen Refraction ist die längs der A c; die etwas geringeren Beträge der Verminderung längs a und b sind b nahe identisch, aber der Betrag für b ist immer ein wenig grösser.

Dieselben chemischen Umsetzungen, bei denen Zunahme des Ato gewichtes eintritt, werden von einer Zunahme der molekularen Refract und Dispersion begleitet, deren Betrag am grössten ist, wenn Rubidi durch Cäsium ersetzt wird; die Verhältnisse für die beiden Veränderun der molekularen Refraction sind 3 : 5. Die Beträge der Zunahme der n lekularen Refraction sind beinahe gleich längs a und b, derjenige längs (ersten Richtung ist etwas grösser und entspricht dem Maximum; die mi male Zunahme findet nach c statt.

Diese Regeln gelten gleich gut, ob die Constanten mit Hilfe der Form von Lorenz oder derjenigen von Gladstone und Dale berechnet si und welche auch die Wellenlänge sei, wofür die Vergleichung der Refr tionsconstanten gemacht ist. Da ferner Refraction und Dichte gleichmäs durch Temperaturveränderung beeinflusst werden, sind sie unabhän von der Temperatur.

Der Einfluss des zweiten Metalls auf die Veränderungen der molel laren optischen Constanten ist nur schwach im Vergleich zu demjeni des Alkalimetalls. Er ist aber bemerkbar im Falle der innig verwand Metalle Magnesium, Zink und Cadmium. Die specifische Refraction nimmt wenn Magnesium durch Zink ersetzt wird, und ebenso, wenn Zink du Cadmium ersetzt wird, während die molekulare Refraction unter gleicl Umständen zunimmt. Der Betrag der Veränderung ist am grössten für specifische Refraction, wenn Magnesium durch Zink ersetzt wird, und die molekulare Refraction, wenn Zink durch Cadmium ersetzt wird, e ähnliche Ordnung, was das Atomgewicht betrifft, wie sie bei der Ersetzu des Alkalimetalls beobachtet wurde.

19) Die Magnesiumgruppe ausgenommen, in welcher das Cäsiums nicht streng mit den zwei anderen Salzen vergleichbar ist wegen der auss ordentlichen, aus der Regel 15 sich ergebenden Beziehungen, ist

optische Axenwinkel (Winkel zwischen den optischen Binormalen von Fletcher) irgend eines Rubidiumsalzes der Reihe in der Mitte zwischen den optischen Axenwinkeln der dasselbe zweite Metall enthaltenden Kalium- und Cäsiumsalze, welche auch die zur Vergleichung gewählte Wellenlänge sei. Diese Regel stimmt vollkommen mit Regel 15 überein; die darin erwähnte regelmässige Veränderung der Geschwindigkeitsverhältnisse führt zu einer regelmässigen Veränderung des optischen Axenwinkels, deren Charakter in den verschiedenen Gruppen variirt nach den relativen Schnelligkeiten der Convergenz der äussersten Werthe der Geschwindigkeit gegen den mittleren Werth, wenn das Alkalimetall durch ein anderes von höherem Atomgewicht ersetzt wird. Diese Variation des Charakters der regelmässigen Veränderung des optischen Axenwinkels wird durch den Einfluss des zweiten Metalls hervorgebracht.

20) Die erste Mittellinie ist die minimale Axe c des optischen Ellipsoids bei jedem Salz der Reihe, mit Ausnahme des schwefelsauren Cäsium-Nickels, in Uebereinstimmung mit dem positiven Zeichen der Doppelbrechung. Beim *CsNi*-Sulfat kommt eine Umkehrung der Mittellinien vor; die erste Mittellinie ist die Maximalaxe a, und das Zeichen der Doppelbrechung ist negativ, eine directe Folge der Regel 15, wie in dem dieses Salz betreffenden und dem auf die Regel folgenden Paragraphen beschrieben worden ist. In Uebereinstimmung mit jenen Geschwindigkeitsbeziehungen ist der optische Axenwinkel schon bei Kalium-Nickel-Sulfat ausserordentlich gross, und die Gültigkeit der Regel über die regelmässige Veränderung des optischen Axenwinkels bewirkt, dass der letztere so gross wird, wenn man das Cäsiumsalz erreicht, dass er 90° überschreitet, und die Mittellinie, welche vormals die erste war, jetzt die zweite wird.

21) Im Falle der drei Magnesiumsalze schreitet die regelmässige Aenderung des optischen Axenwinkels nach der Regel vom Kalium- zum Rubidiumsalz fort. Aber wegen der ausserordentlichen Beziehungen der Geschwindigkeiten längs der drei Axenrichtungen des Cäsiumsalzes, welche durch die Regel 15 bedingt werden und im § 17 beschrieben worden sind, zeigen die Krystalle von *CsMg*-Sulfat ganz ausserordentliche optische Axenverhältnisse, nämlich sehr grosse Dispersion für verschiedene Wellenlängen in gekreuzten Axenebenen und grosse Empfindlichkeit gegen Temperaturveränderung. Infolge dessen stellt das schwefelsaure Cäsium-Magnesium eines der interessantesten Beispiele von grosser Dispersion in gekreuzten Axenebenen dar, welche bisher bei monosymmetrischen Krystallen beschrieben worden sind, und zwar sind die gesammten Phänomene das unmittelbare Resultat der Regel 15, welche das Atomgewicht des im Salz enthaltenen Metalls mit der Geschwindigkeit der Lichtschwingungen verbindet.

22) Erhöhung der Temperatur bewirkt eine Zunahme der optischen Axenwinkel der Kaliumsalze der Reihe, welche gewöhnlich für 50° Erhöhung

$2\frac{1}{4}^0$ beträgt; die Wirkung einer ähnlichen Veränderung auf die Rubidiumsalze bringt eine geringere anguläre Zunahme hervor, nicht bemerkbar im Falle des *RbMg*-Sulfats, aber gewöhnlich $1\frac{1}{2}^0$ betragend. Bei den Cäsiumsalzen wird immer eine Abnahme des optischen Axenwinkels beobachtet, im Durchschnitt um ungefähr 2^0, aber ausnahmsweise gross beim *CsMg*-Sulfat, zufolge der früher erwähnten Ursache. Die Kupfersalze zeigen wieder die Individualität des Kupfers, indem sie grössere Zunahmen von 9^0 resp. $3\frac{3}{4}^0$ bei dem Kalium- resp. Rubidiumsalz jener Gruppe aufweisen, Jedenfalls aber wird beobachtet, dass das Rubidiumsalz irgend einer Gruppe eine mittlere Stellung einnimmt mit einem optischen Axenwinkel, welcher nur geringe Veränderung bei Temperaturerhöhung zeigt, zwischen dem entsprechenden Kaliumsalz, welches eine grössere positive Veränderung erfährt, und dem Cäsiumsalz derselben Gruppe, welches eine negative Veränderung erleidet.

23) Obgleich die Kaliumsalze der Mangan- und der Cadmiumgruppe noch nicht dargestellt worden sind, kann man doch aus dem Umstande, dass die von den Rubidium- und Cäsiumsalzen dieser Gruppen gelieferten Resultate ganz ähnlich denjenigen der anderen Rubidium- und Cäsiumsalze der Reihe sind, schliessen, dass die Kaliumsalze ganz ähnliche Beziehungen zu den analogen Rubidium- und Cäsiumsalzen zeigen würden, als diejenigen, welche bei den sechs Gruppen gültig gefunden worden sind, deren Glieder alle dargestellt und studirt wurden.

24) Die vorhergehenden Resultate haben klar bewiesen, dass das Alkalimetall *R* einen vorherrschenden Einfluss bei der Bestimmung der krystallographischen Charaktere der Doppelsulfate der Reihe $R_2M(SO_4)_2.6H_2O$ ausübt, während der Einfluss des zweiten Metalls *M* relativ sehr gering ist. Es ist weiter festgestellt worden, dass die Salze jeder dasselbe zweite Metall enthaltenden Gruppe eine regelmässige Aenderung krystallographischer Eigenschaften erfahren, welche der Aenderung des Atomgewichtes des darin enthaltenen Alkalimetalls entspricht. In Bezug auf jede morphologische oder physikalische Eigenschaft steht das Rubidiumsalz jeder Gruppe in der Mitte zwischen dem Kalium- und dem Cäsiumsalz derselben Gruppe. Es ist ferner gewöhnlich beobachtet worden, dass die Ersetzung des Rubidium durch Cäsium von einer viel grösseren Modificirung der krystallographischen Charaktere begleitet ist, als die Ersetzung des Kalium durch Rubidium, wodurch angedeutet wird, dass der modificirende Einfluss der Veränderung des Atomgewichtes des Alkalimetalls stärker wird, wenn das Atomgewicht steigt, als es dem Verhältniss des Betrages der Veränderung entspricht. Ausserdem ist diese Schlussfolgerung streng gültig sogar für die geringsten Einzelheiten der physikalischen Eigenschaften und bei allen Temperaturen innerhalb der Grenzen, in denen die Salze existenzfähig sind. Weiter sind die ausserordentlichen optischen Eigenschaften

eines Gliedes der Reihe, des schwefelsauren Cäsium-Magnesium, das unmittelbare Resultat der Wirkung dieser Gesetzmässigkeiten, und würden ohne sie ganz unverständlich sein. Ihre Gültigkeit ist für die untersuchten 22 Salze eine so vollkommene, dass es jetzt möglich wird, die Eigenschaften der zwei, bisher nicht darstellbaren Salze der Reihe, des *KMn*-Sulfats und *KCd*-Sulfats, im Detail vorherzusagen.

Dass die jetzt festgestellte Anzahl von Regeln in der That den Namen eines Gesetzes verdient und nicht blos zufällig sich bei jeder Gruppe wegen der ähnlichen chemischen Natur des zweiten Metalls wiederholt, ist entscheidend durch die Resultate der Untersuchung der Kupfergruppe bewiesen. Die verschiedene chemische Natur des Kupfers ist unzweideutig in Bezug auf beinahe jede Eigenschaft ausgedrückt durch den ausnahmsweisen Charakter der absoluten Werthe der verschiedenen morphologischen und physikalischen Constanten. Jedoch sind die Beziehungen dieser Werthe für die drei Kupfer enthaltenden Salze stets in strengster Uebereinstimmung mit den Regeln, welche für die anderen Gruppen der Reihe gefunden worden sind.

Die endliche Schlussfolgerung dieser Untersuchung ist daher wie folgt:

Das Alkalimetall *R* übt einen vorherrschenden Einfluss auf den Charakter der Krystalle der isomorphen monosymmetrischen Reihe von Doppelsulfaten $R_2M(SO_4)_2.6H_2O$ aus, und die gesammten krystallographischen Eigenschaften der dasselbe zweite Metall *M* enthaltenden Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze sind in jeder derartigen Gruppe der Reihe Functionen des Atomgewichtes des darin enthaltenen Alkalimetalls.

IX. Vergleichung der Resultate der Untersuchungen über die einfachen und doppelten, Kalium, Rubidium und Cäsium enthaltenden Sulfate

und

daraus abgeleitete allgemeine Schlussfolgerungen über den Einfluss des Atomgewichtes auf die krystallographischen Eigenschaften.

Von

A. E. Tutton in Oxford.

Es ist von beträchtlicher Wichtigkeit, einen Vergleich zu ziehen zwischen den Resultaten der vorhergehenden Mittheilung und denjenigen welche früher (diese Zeitschrift **24**, 1) über die einfachen normalen Sulfate des Kalium, Rubidium und Cäsium mitgetheilt worden sind. Die vorhergehende Mittheilung ist ganz auf die experimentellen Resultate beschränkt die Schlussfolgerungen der früheren sind ebenfalls sämmtlich Ausdruck unbestreitbarer Resultate sorgfältigster Messungen und Bestimmungen von physikalischen Constanten, mit Ausnahme der Schlussfolgerung 10 (l. c. S. 74 und besonders des letzteren Theiles davon, worin einige Speculationen über die Natur des Krystallbausteins ausgesprochen sind. Die weitere Betrachtung dieser interessanten Frage ist für einen besonderen, auf den vorliegenden folgenden Aufsatz reservirt.

Es ist gezeigt worden, dass das Alkalimetall *R* einen vorherrschenden, determinativen Einfluss auf die Eigenschaften der Doppelsulfate ausübt. Daher sind die Beziehungen zwischen dem Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze jeder dasselbe zweite Metall enthaltenden Gruppe mit den Beziehungen zwischen den einfachen Sulfaten dieser Alkalimetalle selbst streng vergleichbar, als Beweis für die Wirkung, welche die Veränderung des Atomgewichtes des Alkalimetalls ausübt.

Der Habitus der Krystalle des Rubidiumsulfats oder irgend eines Rubidiumsalzes der Reihe von Doppelsulfaten steht in der Mitte zwischen

demjenigen des Kaliumsalzes und demjenigen des entsprechenden Cäsiumsalzes.

Die Krystallwinkel des Rubidiumsalzes, sei es ein einfaches oder ein Doppelsalz, besitzen stets einen mittleren Werth zwischen den entsprechenden Winkeln des analogen Kalium- und Cäsiumsalzes. Wegen des geringen Betrages der Differenzen bei den einfachen Sulfaten könnte man keine bestimmte Behauptung über die relative Wirkung der Ersetzung des Kalium durch Rubidium und des letzteren durch Cäsium aufstellen; aber im Falle der grösseren, durch die Doppelsulfate dargestellten Unterschiede, wobei die Symmetrie von niedrigerer Ordnung ist, zeigt sich, dass, wenn das Atomgewicht des Alkalimetalls steigt, dieses eine relativ grössere modificirende Wirkung auf die Winkel ausübt. Interessant ist es, dass für den Axenwinkel β die Aenderung approximativ in geradem einfachem Verhältniss zur Aenderung des Atomgewichtes steht.

Die krystallographischen Axenverhältnisse irgend eines (einfachen oder doppelten) Rubidiumsalzes wurden ebenfalls zwischen denjenigen des analogen Kalium- und Cäsiumsalzes liegend gefunden.

Das specifische Gewicht, das Molekularvolum und die topischen Axenverhältnisse, d. h. die gesammten Raumconstanten, liegen ebenso immer in der Mitte, sowohl bei dem einfachen Sulfate des Rubidium, wie bei irgend einem doppelten Rubidiumsulfat der untersuchten Reihe, zwischen den entsprechenden Constanten der analogen Kalium- und Cäsiumsalze; was das Volum und die topischen Axen betrifft, so wird die Ersetzung des Rubidium durch Cäsium immer von einer viel grösseren Veränderung begleitet, als wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird. So scheint nach jeder Axenrichtung Ausdehnung stattzufinden, wenn immer das Atomgewicht des Alkalimetalls sich steigert, welche auch die Art der Symmetrie sei, und der Betrag der Ausdehnung ist eine Function des Atomgewichtes von höherer als erster Ordnung.

Es ist von Wichtigkeit zu bemerken, dass der Betrag der Zunahme des Molekularvolums der Doppelsulfate, wenn man von einem Kaliumsalz zu einem Rubidiumsalz übergeht, so gut wie constant ist, circa 9,3 Einheiten; in gleicher Weise, wenn man von einem Rubidiumsalz zum entsprechenden Cäsiumsalz übergeht, bemerkt man die beständige grössere Zunahme von circa 13 Einheiten. Diese Beträge sind aber nicht genau gleich denjenigen, welche man bei der Ersetzung des Kalium im einfachen Sulfat durch Rubidium und des letzteren durch Cäsium beobachtet hat, und welche etwas geringer, 8,4 resp. 11,4, gefunden worden sind. Ohne Zweifel ist es von beträchtlicher Bedeutung, dass die Ersetzung eines Alkalimetalls durch ein anderes bei den Doppelsulfaten und bei den einfachen Sulfaten von einer bemerkbar verschiedenen Veränderung begleitet ist.

Zunächst entsteht die wichtige Frage, ob die Alkalisulfate dasselbe

Volum in der einfachen und in der Doppelverbindung ausfüllen. Glücklicherweise stehen vortreffliche Daten zur Verfügung, was die Volumina der *M*-Metalle betrifft, in den Resultaten der Untersuchung von Thorpe und Watts (Journ. Chem. Soc. 1880, **37**, 102) über die Volumina der Vitriole; in dieser Arbeit wurden die specifischen Gewichte der wasserfreien Sulfate von *Mg*, *Zn*, *Fe*, *Mn*, *Ni*, *Co* und *Cu* bestimmt; das specifische Gewicht des wasserfreien schwefelsauren Nickels ist an guten Krystallen von Lepierre und Lachaud (Compt. Rend. 1892, **115**, 115) und von Klobb (Compt. Rend. 1892, **114**, 836) bestimmt worden. Für schwefelsaures Cadmium liegen jedoch keine Daten vor. Thorpe und Watts haben auch das Volum des Krystallwassers vom schwefelsauren Magnesium in verschiedenen Hydratstufen bestimmt und nachgewiesen, dass das fest gebundene siebente Molekül, das Constitutionswasser, das Volum 10,7 ausfüllt, während die verschiedenen Moleküle des Krystallwassers verschiedene und etwas zunehmende Volumina ausfüllen, welche von 13,3 bis 16,2 variiren und im Durchschnitt 15 betragen. Wenn man daher das Volum von $6H_2O$ als $6 \times 15 = 90$ annimmt und zu diesem das Volum der wasserfreien *M*-Sulfate und das vom Verfasser bestimmte Volum des Alkalisulfats hinzufügt, so sollte man, wenn das Alkalisulfat dasselbe Volum im freien Zustande und im Doppelsulfat ausfüllt, einen Werth erhalten, welcher mit dem beobachteten Molekularvolum des Doppelsalzes praktisch identisch ist. Die folgenden Berechnungen werden zeigen, wie weit dieses der Fall ist.

Das specifische Gewicht von wasserfreiem schwefelsaurem Magnesium ist 2,709. Sein Molekularvolum ist daher 44,3 und das Volum von $MgSO_4 . 6H_2O = 44,3 + 90 = 134,3$.

			Beobachtet:
Molekularvolum von *KMg*-Sulfat	=	65,3 + 134,3 = 199,6	198,2
- - *RbMg* -	=	73,8 + 134,3 = 208,1	207,6
- - *CsMg* -	=	85,2 + 134,3 = 219,5	220,7

Das specifische Gewicht von $ZnSO_4$ ist 3,623, das Volum 44,4, d. h. 0,1 höher als $MgSO_4$. Daher:

		Beobachtet:
Molekularvolum von *KZn*-Sulfat ist	199,7	197,7
- - *RbZn* - -	208,2	207,2
- - *CsZn* - -	219,6	219,9

Das specifische Gewicht von $FeSO_4$ ist 3,346, das Volum 45,4, d. h. 1,1 höher als $MgSO_4$.

		Beobachtet:
Molekularvolum von *KFe*-Sulfat ist	200,7	200,1
- - *RbFe* - -	209,2	209,2
- - *CsFe* - -	220,6	222,6

Das specifische Gewicht von $MnSO_4$ ist 3,282, das Volum 46,0 oder 1,7 höher als $MgSO_4$.

Molekularvolum von *KMn*-Sulfat würde 201,3 sein. Nicht beobachtet.

				Beobachtet:
-	-	*RbMn*	- ist	209,8	213,7
-	-	*CsMn*	- -	221,2	226,6

Das specifische Gewicht von krystallisirtem $NiSO_4$ ist 3,67, das Volum 42,2 oder 2,1 geringer als $MgSO_4$.

				Beobachtet:
Molekularvolum	von	*KNi*-Sulfat	ist 197,5	195,6
-	-	*RbNi*	- - 206,0	204,9
-	-	*CsNi*	- - 217,4	217,9

Das specifische Gewicht von $CoSO_4$ ist 3,472, das Volum 44,8 oder 0,5 höher als $MgSO_4$.

				Beobachtet:
Molekularvolum	von	*KCo*-Sulfat	ist 200,1	197,8
-	-	*RbCo*	- - 208,6	207,3
-	-	*CsCo*	- - 220,1	220,3

Das specifische Gewicht von $CuSO_4$ ist 3,606, das Volum 44,1 oder 0,2 geringer als $MgSO_4$.

				Beobachtet:
Molekularvolum	von	*KCu*-Sulfat	ist 199,4	198,3
-	-	*RbCu*	- - 207,9	207,6
-	-	*CsCu*	- - 219,3	220,2

Also ist es klar, dass innerhalb sehr enger Grenzen **das Volum des Alkalisulfats das gleiche im Doppelsalz, wie im einfachen Salz selbst ist.** Was diese Grenzen betrifft, so bemerkt man, dass die Unterschiede zwischen den berechneten Werthen der dasselbe zweite Metall enthaltenden Kalium- und Cäsiumsalze immer 20 betragen, während der beobachtete Unterschied 22 ist. Dies kommt natürlich daher, dass der erstere, geringere Unterschied zwischen den einfachen Sulfaten von Kalium und Cäsium beobachtet worden ist, deren Werthe bei den Berechnungen gebraucht worden sind. Es giebt unbedingt keinen Zweifel über die Richtigkeit der specifischen Gewichte der einfachen Alkalisulfate, und die Resultate für die ganze Reihe der Doppelsulfate stützen sich einander. Die weitere Betrachtung dieses sehr geringen Unterschiedes in dem Betrage der Veränderung, welche die Ersetzung eines Alkalimetalls durch ein anderes bei den einfachen resp. den Doppelsulfaten begleitet, kann besser bis zur Vollendung der Arbeit über die analogen Selenate aufgeschoben werden. Für den gegenwärtigen Zweck genügt es, zu bemerken, dass der von dem Alkalisulfat im Doppelsulfat ausgefüllte Raum mit seinem Volum im freien Zustande praktisch identisch ist.

Eine andere Thatsache von Wichtigkeit, welche durch die Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten Werthe angedeutet wird, is die, dass keines der Wassermoleküle in den Doppelsalzen im Zustande voi Constitutionswasser mit dem Volum 10,7 existirt.

Besonders interessant ist ferner die Wahrnehmung, dass die Molekularvolume der einfachen Alkalisulfate sehr beträchtlich kleiner als die Summ der Atomvolume sind, sogar geringer als die Atomvolume der Alkalimetalle selbst. Das Atomvolum des Kalium ist 45,5, des Rubidium 56, und des Cäsium 70,7; zwei Atomen derselben würden daher die Volume 91 resp. 112,6 und 141,4 entsprechen, während das Molekularvolur von K_2SO_4 nur 65,3, von Rb_2SO_4 73,8 und von Cs_2SO_4 nur 85,2 ist. Als wird die Verbindung zweier Atome des Alkalimetalls mit dem Säureradica von einer ungeheuren Contraction begleitet.

Im Falle der rhombischen einfachen Sulfate sind die drei optische Hauptschwingungsrichtungen, die Hauptaxen der Indicatrix vo Fletcher und ihrer polaren Reciproken, des durchweg in der vorhergehenden Mittheilung erwähnten Ellipsoides der Lichtgeschwindigkeit, natürlich wegen der Symmetrieordnung mit den Richtungen der morphologische Axen identisch, können also keine Richtungsveränderung erfahren, wen man ein Alkalimetall durch ein anderes ersetzt. Dagegen bleibt nur ein dieser Axenrichtungen unverändert bei den Doppelsulfaten, nämlich diejenige, welche mit der morphologischen Symmetrieaxe identisch ist. Fü die beiden anderen Richtungen gilt nur, dass sie in der Symmetrieeben liegen und ihre rechtwinkelige gegenseitige Neigung bewahren müssen während sie zusammen in der Symmetrieebene frei beweglich sind. E wurde nun gezeigt, dass das genannte Ellipsoid in der That sich um di Symmetrieaxe dreht, wenn das Atomgewicht des Alkalimetalls steigt, un dass die Ersetzung von Rubidium durch Cäsium immer von einer vi grösseren Drehung begleitet ist, als wenn Kalium durch Rubidium erset wird. Der Betrag der Drehung zwischen den Kalium- und Cäsiumsalzen is ein sehr beträchtlicher, und zwar erreicht er ein Maximum von 33° bei de Magnesiumgruppe. Dies ist eins der interessantesten und ohne Zweif wichtigsten Resultate der Untersuchung. Die Drehung folgt der Bewegun der geneigten morphologischen Axe, wenn man die Verticalaxe als fes bleibend annimmt; denn wenn das Atomgewicht des Alkalimetalls zunimm so wächst der stumpfe Axenwinkel β und zwar um circa 2° zwischen Kalium und Cäsium, während sich die beiden rechtwinkeligen, in der Symmetrieebene liegenden Axen des optischen Ellipsoids in derselben Richtun drehen, wie die geneigte morphologische Axe, aber um einen viel grösseren Winkel. Es scheint also, dass die Veränderung des krystallographische Axenwinkels mit der Orientirungsänderung des optischen Ellipsoids verbunden ist, d. h. die Aenderung des Winkels zwischen den Geraden benach

barter Structureinheiten (Krystallbausteinen), welche parallel der verticalen resp. geneigten morphologischen Axe liegen, ist innig mit der beobachteten, relativ sehr grossen Veränderung der Richtungen des Maximums und Minimums der Lichtgeschwindigkeit verknüpft.

Die Brechungsexponenten des einfachen normalen Sulfates von Rubidium, sowie diejenigen irgend eines Rubidiumsalzes der Reihe von Doppelsulfaten, liegen zwischen den Exponenten des analogen Kalium- und Cäsiumsalzes und immer näher denjenigen des Kaliumsalzes. Es ist beobachtet worden sowohl bei den einfachen als auch bei den Doppelsulfaten, dass eine Zunahme des Atomgewichtes des Alkalimetalls von einer Zunahme des Brechungsvermögens der Krystalle begleitet wird, und, in Uebereinstimmung mit dem letzteren Theile der vorhergehenden Behauptung, dass die Zunahme des Brechungsvermögens relativ grösser wird, wenn das Atomgewicht steigt. Es ist jedoch von Wichtigkeit, zu bemerken, dass die wirklichen Unterschiede zwischen den Brechungsexponenten entsprechender Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze viel grösser sind im Falle der einfachen Sulfate, als bei irgend einer Gruppe der Doppelsalze. Es sind nämlich die Exponenten β der drei einfachen Sulfate für Na-Licht: K_2SO_4 1,4947, Rb_2SO_4 1,5133, Cs_2SO_4 1,5644 (Unterschied zwischen K und Cs 0,0697), während für die Mg-Gruppe, welche den grössten Unterschied unter den Doppelsulfaten darstellt, die Exponenten β_{Na} sind: für KMg-Sulfat 1,4629, für $RbMg$-Sulfat 1,4689 und für $CsMg$-Sulfat 1,4858, welche einen Unterschied von 0,0229 zeigen, nur ein Drittel des bei den einfachen Sulfaten sich ergebenden Unterschiedes. Dieses ist ohne Zweifel verursacht durch die grössere Complexität der Doppelsulfatmolekel, in Folge deren eine Veränderung des Atomgewichtes sogar des wichtigsten vorhandenen Metalls, des Alkalimetalls, natürlich nicht im Stande ist, eine so wichtige Veränderung der physikalischen Eigenschaften hervorzubringen, als im Falle einer einfacheren Molekel, wie es diejenige des einfachen Sulfats selbst ist.

Die Verhältnisse der Lichtgeschwindigkeiten oder der Reciproken der Refraction, die optischen Elasticitätsaxen der älteren Theorie, folgen natürlich einer ähnlichen Regel, wie die Brechungsexponenten; bei den einfachen wie auch bei den Doppelsulfaten liegen die Verhältnisse für ein Rubidiumsalz zwischen denjenigen für das entsprechende Kalium- und Cäsiumsalz; die Zunahme des Atomgewichtes des Alkalimetalls wird von einer Zunahme des Widerstandes gegen die Lichtschwingungen längs jeder Axe des Ellipsoides begleitet, und der dargebotene Widerstand ist viel grösser, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, als wenn Ersetzung von Kalium durch Rubidium stattfindet, d. h. derselbe steigt stark, wenn das Atomgewicht sich erhöht, viel mehr als im Verhältniss zu der numerischen Zunahme des Atomgewichtes.

Die regelmässigen Veränderungen der Geschwindigkeitsverhältnisse, welche durch Zunahme des Atomgewichtes des Alkalimetalls hervorgebracht werden, graphisch dargestellt durch Veränderungen der Axenlängen, sind von einer solchen Natur, dass sie bei den einfachen wie den doppelten Sulfaten Convergenz der maximalen und minimalen Werthe gegen die Identität verursachen; d. h. wenn das Atomgewicht des Alkalimetalls steigt, so wird die orientirte Differentiation in den optischen Eigenschaften eine geringere. Bei allen Gruppen der Doppelsulfate, mit Ausnahme der *Mg*-Gruppe, ist die Wirkung derart, dass die Doppelbrechung, schon gering bei dem Kaliumsalz, noch geringer in dem Rubidiumsalz und ausserordentlich gering in dem Cäsiumsalz wird. Bei der *Mg*-Gruppe erfolgt absolute Identität zweier der drei Werthe, wenn das Cäsiumsalz erreicht wird, und in Folge davon zeigt dieses Salz die ausserordentlichen optischen Eigenschaften, welche in der vorhergehenden Mittheilung beschrieben worden sind. Bei den einfachen Sulfaten ist das Resultat ein noch auffallenderes, denn die Convergenz der beiden äussersten Werthe ist so gross, dass sie beinahe zur Identität gelangen schon bei dem Rubidiumsalz, und diese tritt wirklich ein, wenn man die Temperatur ein wenig erhöht; alsdann zeigt das Rubidiumsulfat ähnliche ausserordentliche optische Erscheinungen wie das Cäsium-Magnesiumsulfat; ein wenig jenseits des Rubidiumsalzes treffen die diese zwei Werthe repräsentirenden Curven bei gewöhnlicher Temperatur zusammen, dann kreuzen sie sich und laufen nachher auseinander, bis sie im Cäsiumsalz weiter getrennt sind, als es bei dem Kaliumsalz der Fall war, so dass nun der Sinn der Doppelbrechung völlig umgekehrt ist.

Also stehen die Resultate, in Rücksicht der regelmässigen Veränderungen des optischen Ellipsoids, welche durch Steigerung des Atomgewichtes des Alkalimetalls hervorgebracht werden, bei den einfachen und den doppelten Sulfaten vollkommen in Uebereinstimmung. Es ist ohne Zweifel von Bedeutung, dass die ausserordentliche Wirkung, welche im Falle der einfachen Sulfate nach der diese Veränderungen beherrschenden Regel stattfindet, am genauesten sich bei der *Mg*-Gruppe der Doppelsulfate wiederholt; denn bei dieser Gruppe ist das Atomgewicht des zweiten Metalls viel niedriger als im Falle irgend eines der anderen Gruppen, daher auch das ganze relative Gewicht der Molekel am geringsten ist, und in Folge dessen die *Mg*-Salze in höherem Grade von der Veränderung des Alkalimetalls beeinflusst sind.

Die gesammten specifischen und molekularen optischen Constanten des schwefelsauren Rubidiums und jedes Rubidiumsalzes der Reihe von Doppelsulfaten liegen, wie gezeigt wurde, zwischen denjenigen des analogen Kalium- und Cäsiumsalzes. Sowohl bei den einfachen als den doppelten Sulfaten wurde beobachtet, dass die Zunahme des Atom-

gewichtes des Alkalimetalls von einer Verminderung der specifischen Refraction und Dispersion begleitet wird, deren Betrag viel grösser ist, wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird, als wenn das letztere Metall durch Cäsium ersetzt wird. Dieselben Veränderungen verursachen eine Zunahme der molekularen Refraction und Dispersion, deren Betrag am grössten ist, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, entgegengesetzt dem Falle der specifischen Constanten. Diese Regel wurde ferner ganz unabhängig von der Natur des angewandten Lichtes und von der Temperatur gefunden.

Die, die molekulare Refraction betreffenden, jetzt vorhandenen Daten für die einfachen und eine so grosse Zahl von Doppelsulfaten gestatten einige interessante und nicht unwichtige Vergleichungen.

Es wurde gefunden, dass, wenn Kalium in K_2SO_4 durch Rubidium ersetzt wurde, ein mittlerer Unterschied der molekularen Refraction für den Strahl C von 5,48 Gladstone- und Dale- oder 3,11 Lorenz-Einheiten beobachtet wird. Bei den Doppelsulfaten hat sich ergeben, dass dieselbe chemische Ersetzung von einer mittleren Zunahme begleitet wurde, welche in den verschiedenen Gruppen von 5,11 bis 5,32 oder 2,97 bis 3,09, je nach der angewandten Formel, variirten. Die Ersetzung von Rubidium in Rb_2SO_4 durch Cäsium wurde von einer mittleren Zunahme von 10 Gladstone- und Dale- oder 5,43 Lorenz-Einheiten begleitet; bei den Doppelsulfaten entsprach einer ähnlichen Ersetzung eine mittlere Zunahme von 9,26 bis 9,96 oder 5,19 bis 5,50 solcher Einheiten. Es ist also klar, dass approximativ gleiche Veränderungen der molekularen Refraction bei den einfachen und den doppelten Sulfaten ähnliche chemische Ersetzungen begleiten. Die Mittelwerthe aus sämmtlichen Resultaten für beide Reihen sind 5,27 resp. 9,72 Gladstone- und Dale-Einheiten für die Ersetzung von Kalium durch Rubidium resp. des letzteren durch Cäsium, oder 3,05 resp. 5,41 Lorenz-Einheiten.

Die Molekularrefraction des Kalium ist mit grosser Sorgfalt von Gladstone bestimmt worden, und er schreibt ihr den Werth 7,85 zu (Journ. Chem. Soc. 1891, 59, 597). Wenn man diesen Werth als richtig annimmt und zu dem doppelten Werthe 15,7, zwei Atomen Kalium entsprechend, den Werth 5,27 als Zunahme für die Ersetzung des Kalium durch Rubidium hinzufügt, so erhält man 20,97 als den Werth von zwei Atomen Rubidium und 10,5 als Refractionsäquivalent des Rubidium. Wenn man weiter 9,72 als Betrag der Zunahme für die Ersetzung des Rubidium durch Cäsium zu 20,97 hinzufügt, erhält man 30,69 für den Werth zweier Atome Cäsium oder 15,35 als das Refractionsäquivalent des Cäsium.

Die Werthe des Rubidium und des Cäsium, welche vor einiger Zeit von Gladstone (Phil. Trans. **159**, 13; Proc. Roy. Soc. **18**, 49) mitgetheilt worden sind, betragen 12,1 resp. 19,1, nach Kannonikoff 12,04 und 19,55 (J. pr. Chem. 1885, **31**, 321, 497).

Es ist klar, dass entweder diese letzteren Werthe der beiden Metalle unrichtig sind, oder dass eine ausserordentliche Verminderung der molekularen Refraction sowohl bei den einfachen als bei den doppelten Sulfaten eintritt. Eine werthvolle Bestätigung der Werthe des Verfassers für die einfachen Sulfate ist in der letzten Zeit von Gladstone gegeben worden (Journ. Chem. Soc. 1895, 67, 840), welcher die Brechungsexponenten der gelösten Salze bestimmt hat. Die so erhaltenen Werthe der Refractionsäquivalente sind: für K_2SO_4 32,15, für Rb_2SO_4 38,39 und für Cs_2SO_4 47,57. Die mittleren Werthe der den drei Krystallexponenten entsprechenden, vom Verfasser bestimmten Aequivalente für die drei Salze waren 32,30, 37,79 und 47,77. Also ist es klar, dass Auflösung in Wasser nur die Verschiedenheit der Refraction nach verschiedenen Richtungen eliminirt, und dass also der Werth für das gelöste Salz praktisch identisch mit dem Mittel der drei Werthe nach den drei Hauptschwingungsrichtungen des Krystalles ist. Gladstone hat auch die Molekularrefraction des schwefelsauren Kalium-Zinks bestimmt und den Werth 95,94 erhalten, eine Zahl, welche beinahe genau identisch ist mit dem Mittelwerthe des Verfassers für das krystallisirte Salz: 95,90.

Es wird nützlich sein, die Werthe des Radicals SO_4 aus den Refractionsäquivalenten der einfachen Sulfate herzuleiten, indem man 7,85, 10,5 und 15,35 für die Aequivalente des Kalium, Rubidium resp. Cäsium annimmt. Wenn man das Doppelte dieser Werthe, für die beiden Atome jedes Alkalimetalls, von den oben gegebenen Mittelwerthen für die Krystalle von K_2SO_4, Rb_2SO_4 und Cs_2SO_4 abzieht, so erhält man die Werthe 16,6, 16,79 und 17,07 für SO_4. Sogar der höchste dieser Werthe ist etwas niedriger, als der früher von Gladstone gefundene Werth dieses Radicals, 17,5 (Journ. Chem. Soc. 1891, 59, 597), und wenn man die bisher angenommenen Werthe von Gladstone und Kannonikoff für Rb und Cs anwendet, so würden die aus den zwei entsprechenden Salzen abgeleiteten Werthe für SO_4 viel, und zwar ungereimt, niedriger, nämlich 13,59 und 9,57, sein. Es sind daher nur zwei Fälle möglich: entweder sind die bisher angenommenen Refractionsäquivalente für Rb und Cs unrichtig, wenigstens bei diesen Salzen, oder, wenn sie richtig sind, tritt Etwas in Wirkung, was eine beträchtliche Absorption der Refractionsenergie verursacht und stärker wächst, als das Atomgewicht des Alkalimetalls steigt. Denn es ist klar, dass, wenn man die molekularen Refractionen von K_2SO_4, Rb_2SO_4 und Cs_2SO_4 mit Hilfe der Gladstone'schen (1891) Werthe für SO_4 und K und der älteren Werthe von Gladstone und Kannonikoff für Rb und Cs berechnet, man einen Werth für K_2SO_4 erhalten wird, welcher praktisch identisch (33,2) ist mit dem aus wirklicher Beobachtung hergeleiteten, während die so erhaltenen Werthe für Rb_2SO_4 (41,7) und Cs_2SO_4 (55,7) beträchtlich grösser sein werden, als diejenigen, welche aus der beobach-

teten Refraction berechnet worden sind, und der letztere Werth wird den grössten Unterschied darstellen.

Es ist auch möglich, mit besonderer Genauigkeit die molekularen Refractionen zweier Gruppen der Doppelsulfate zu berechnen, nämlich derjenigen, welche Magnesium und Zink enthalten. Denn es hat Gladstone in der letzten Zeit (Journ. Chem. Soc. 1895, **67**, 838) die Werthe von $MgSO_4$ und von $ZnSO_4$ bestimmt und in derselben Mittheilung die Resultate einer sorgfältigen Bestimmung des Werthes für Wasser gegeben. Wenn man folgende Werthe annimmt: $MgSO_4 = 24,1$, $ZnSO_4 = 26,32$, $H_2O = 6,01$; ferner einmal die Werthe des Verfassers für K_2SO_4, Rb_2SO_4 und Cs_2SO_4, das andere Mal die berechneten Werthe dieser Salze unter der Voraussetzung, dass $K = 7,85$, $Rb = 12,1$ und $Cs = 19,1$, so erhält man die folgenden Resultate.

Salz:	Mittelwerth, aus directer Beobacht. abgeleitet:	Werth, unter der ersten Voraussetzung erhalten:	Werth, unter der zweiten Voraussetzung erhalten:
$K_2Mg(SO_4)_2.6H_2O$	92,41	92,46	93,36
$Rb_2Mg(SO_4)_2.6H_2O$	97,73	97,95	101,86
$Cs_2Mg(SO_4)_2.6H_2O$	107,42	107,93	115,86
$K_2Zn(SO_4)_2.6H_2O$	95,90	94,68	95,58
$Rb_2Zn(SO_4)_2.6H_2O$	101,22	100,17	104,08
$Cs_2Zn(SO_4)_2.6H_2O$	110,75	110,15	118,08

Es ist klar, dass die nach der ersten Voraussetzung berechneten Werthe sehr gut mit den von den wirklichen Messungen gelieferten Werthen übereinstimmen, während diejenigen, welche auf der zweiten Voraussetzung begründet sind, bei dem *Rb*- und *Cs*-Salz, besonders dem letzteren, viel zu hoch ausfallen. Die erste Reihe von Zahlen für die *Zn*-Salze stimmt noch besser, wenn man den Kannonikoff'schen Werth (9,8) für *Zn* nimmt nebst dem Gladstone'schen spätesten Werthe für SO_4, indem dann $ZnSO_4$ 27,3 wird, eine Einheit mehr, als der Gladstone'sche Werth für $ZnSO_4$.

Also ist dieselbe Thatsache klar bewiesen sowohl bei den doppelten als bei den einfachen Sulfaten, dass entweder die bisher angenommenen Werthe für *Rb* und *Cs*, und der letztere zum grössten Betrage, zu hoch sind, oder es eine innere Quelle von Refractionsenergieverlust giebt, welche um so wirksamer wird, je mehr das Atomgewicht des Alkalimetalls steigt. Die Entscheidung hierüber möge ausgesetzt werden, bis die Untersuchung über die Selenate und Doppelselenate, welche Verfasser jetzt in Arbeit hat, vollendet sein wird.

Die Refractionsäquivalente der übrigen Doppelsalze, direct aus den Beobachtungen berechnet, sollen zunächst mit den Werthen verglichen

werden, welche mit Hilfe der vom Verfasser beobachteten Werthe für K_2SO_4, Rb_2SO_4 und Cs_2SO_4 und der Gladstone'schen älteren Werthe für *Fe* (12), *Ni* (10,4), *Co* (10,8), *Cu* (11,6), *Mn* (12,2), *Cd* (13,6) und seiner neueren Werthe für SO_4 (17,5) und H_2O (6,01) berechnet worden sind, um zu bestimmen, ob eine ähnliche Uebereinstimmung vorkommt, wie zwischen den in den zwei ersten Reihen der vorhergehenden Tabelle gegebenen Werthen für die *Mg*- und *Zn*-Salze.

Salz:	Beobachteter Mittelwerth:	Berechneter Werth:
$K_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$	96,92	97,86
$Rb_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$	102,03	103,35
$Cs_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$	112,00	113,33
$K_2Ni(SO_4)_2.6H_2O$	96,33	96,26
$Rb_2Ni(SO_4)_2.6H_2O$	101,50	101,75
$Cs_2Ni(SO_4)_2.6H_2O$	111,25	111,73
$K_2Co(SO_4)_2.6H_2O$	96,63	96,66
$Rb_2Co(SO_4)_2.6H_2O$	101,91	102,15
$Cs_2Co(SO_4)_2.6H_2O$	111,76	112,13
$K_2Cu(SO_4)_2.6H_2O$	97,29	97,46
$Rb_2Cu(SO_4)_2.6H_2O$	102,54	102,95
$Cs_2Cu(SO_4)_2.6H_2O$	111,80	112,93
$Rb_2Mn(SO_4)_2.6H_2O$	102,95	103,55
$Cs_2Mn(SO_4)_2.6H_2O$	112,49	113,53
$Rb_2Cd(SO_4)_2.6H_2O$	105,80	104,95
$Cs_2Cd(SO_4)_2.6H_2O$	114,58	114,93

Man bemerkt, dass die Uebereinstimmung durchaus eine ziemlich gute ist. Wenn man aber, anstatt der beobachteten Werthe von Rb_2SO_4 und Cs_2SO_4, welche den Zahlen 10,5 und 15,35 für *Rb* und *Cs* entsprechen, die gewöhnlich angenommenen Werthe für *Rb* und *Cs*, 12,1 und 19,1, benutzt, so werden die berechneten Werthe für die *Rb*-Doppelsalze 3—4 Einheiten höher, als die beobachteten, und im Falle der *Cs*-Doppelsalze 7—8 Einheiten höher, als bei den *Mg*- und *Zn*-Salzen.

Es ist daher eine unzweifelhafte Thatsache, dass dieselben Refractionsäquivalente, welche für die einfachen Sulfate beobachtet worden sind, auch für diese Salze gelten, wenn sie mit den Sulfaten von Magnesium, Zink, Eisen, Nickel, Kobalt, Kupfer, Mangan und Cadmium verbunden sind zu Doppelsulfaten mit sechs Molekülen Krystallwasser.

Es ist interessant, zu bemerken, dass der grössere Unterschied, welcher in der molekularen Refraction zwischen den *Cs*- und *Rb*-Salzen beob-

achtet worden ist gegenüber dem zwischen den *K*- und *Rb*-Salzen, seien es einfache oder doppelte Salze, völlig in Uebereinstimmung steht mit den Beziehungen der Unterschiede zwischen den Atomrefractionen der Alkalimetalle selbst. Wenn man die Werthe des Verfs. annimmt, so sind die Differenzen zwischen den Refractionsäquivalenten des Kalium und Rubidium einerseits, die zwischen denen des letzteren und des Cäsium andererseits, 2,7 resp. 4,8. Wenn man die Gladstone'schen Werthe annimmt, so sind die Unterschiede 4,3 resp. 7,0. In beiden Fällen ist das Verhältniss von derselben Ordnung, wie bei den Salzen.

Die Verhältnisse der optischen Axenwinkel sind bei den einfachen und den doppelten Sulfaten genau in Uebereinstimmung mit den Forderungen der Regel, welche die regelmässige Veränderung der Verhältnisse der Lichtgeschwindigkeit oder der Axen des optischen Ellipsoids beherrscht. In jeder Gruppe der Doppelsulfate, mit Ausnahme derjenigen der Magnesiumsalze, in welcher ausserordentliche Beziehungen jener Verhältnisse im Falle des *CsMg*-Sulfats stattfinden, ist der optische Axenwinkel irgend eines *Rb*-Salzes in der Mitte zwischen demjenigen des Kalium- und demjenigen des Cäsiumsalzes derselben Gruppe. Im Falle der Magnesiumgruppe sind die interessanten Thatsachen der Dispersion in gekreuzten Axenebenen und der hohen Empfindlichkeit des optischen Axenwinkels gegen Temperaturveränderung, welche bei dem Cäsiumsalz beobachtet worden sind, gerade eine Folge der gesetzmässigen Convergenz der Geschwindigkeitsverhältnisse nach der Identität, welche verursacht, dass zwei der Axenwerthe des optischen Ellipsoids wirklich die Identität erreichen, aber nur bei einer besonderen Temperatur für jede Wellenlänge; daher die optischen Axenebenen gekreuzt sind, und der Krystall für jene besondere Wellenlänge die optischen Eigenschaften eines einaxigen nachahmt. Bei den einfachen Sulfaten führte die Wirkung derselben Regel zu einem extremen Resultate, nämlich, dass bei gewöhnlicher Temperatur im Falle des Rubidiumsalzes Identität beinahe erreicht wird, so dass, wenn man die Temperatur etwas erhöht, der optische Axenwinkel jenes Salzes in gleicher Weise sehr empfindlich gegen Aenderung der Wellenlänge und Temperatur wird, und daher das Phänomen von Dispersion in gekreuzten Axenebenen bei etwas höheren als gewöhnlichen Temperaturen eintritt; beim Cäsiumsulfat wurden jene Axenwerthe wieder getrennt, aber in entgegengesetzter Richtung, als nach der Coincidenz zu erwarten war, wenn die Veränderung continuirlich wäre, sodass dieses Salz negative Doppelbrechung besitzt, und seine optische Axenebene senkrecht zu derjenigen des Kaliumsalzes ist. Die beschriebenen, complicirten, schönen und ungewöhnlichen optischen Phänomene werden also vollständig erklärlich auf Grund der Voraussetzung regelmässiger Veränderungen, welche der regelmässigen Veränderung des Atomgewichtes des Alkalimetalls entsprechen.

Es ist somit bewiesen worden, dass die gesammten morphologischen und physikalischen Eigenschaften der Krystalle der rhombischen normalen Sulfate des Kalium, Rubidium und Cäsium, sowie auch irgend einer Gruppe der monosymmetrischen Doppelsulfate der Reihe $R_2M(SO_4)_2.6H_2O$, worin jene einfachen Sulfate der Alkalimetalle mit dem Sulfat von Magnesium, Zink, Eisen, Mangan, Nickel, Kobalt, Kupfer oder Cadmium verbunden sind, obgleich sie dieselbe Symmetrie und die allgemeinen, den isomorphen Reihen eigenthümlichen Aehnlichkeiten besitzen, klar definirte Verschiedenheiten zeigen, welche Functionen des Atomgewichtes des darin enthaltenen Alkalimetalls sind, und zwar gewöhnlich Functionen, welche von höherer als erster Ordnung sind.

Die Untersuchung über die Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze der Schwefelsäure hat also für diese drei, in bestimmter Beziehung stehenden Metalle und für diese besondere Säure festgestellt, dass die Eigenschaften der Krystalle von isomorphen Salzreihen Functionen des Atomgewichtes der unter einander vertauschbaren, derselben Gruppe des periodischen Systems angehörigen Elemente sind, welche die herrschenden Bestandtheile der Reihe bilden, d. h. Functionen der Energie, deren Ausdruck das Atomgewicht ist.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich dies als ein allgemeines Naturgesetz erweisen wird. Die Untersuchung über die analogen einfachen und doppelten Selenate, welche der Verf. jetzt in Arbeit hat, wird einen weiteren Beitrag zu dieser Frage liefern.

Seitdem die vorhergehende Mittheilung vom Verf. der Chemical Society eingehändigt worden ist, hat Linck eine Mittheilung über die Beziehungen zwischen dem Krystall und seinem chemischen Bestand herausgegeben (Zeitschr. für physikalische Chemie **19**, 2, 193). In dieser Mittheilung und in einer folgenden, von einem seiner Schüler, W. Ortloff, verfassten, sind die in meinen Abhandlungen gegebenen Folgerungen über die morphologischen und physikalischen Beziehungen der normalen Sulfate und die morphologischen Beziehungen der Doppelsulfate durch ein umfangreiches Material erweitert, welches aus den früheren Untersuchungen isomorpher Reihen zusammengestellt wurde, und es wird ohne Weiteres daraus die Schlussfolgerung gezogen, dass die Regel, welche Verf. für die beiden ausführlich untersuchten Reihen gültig gefunden hat, in der That ein Naturgesetz bilde. Neue experimentelle Resultate sind in keiner der beiden Mittheilungen angegeben. Ebenso ist eine spätere Mittheilung von Linck über die Beziehungen zwischen den geometrischen Constanten eines Krystalls und dem Molekulargewichte seiner Substanz (diese Zeitschr. **26**,

280) ausschliesslich auf solche ältere Daten begründet. Nun ist vom Verf. im Verlaufe seiner Arbeit nachgewiesen worden, dass die bisher existirenden Angaben ganz unzulänglich für jenen Zweck sind, theils wegen ihrer Unvollständigkeit, theils weil sie zu ungenau sind. Daher können darauf begründete Schlussfolgerungen keinen anderen als einen rein speculativen Werth besitzen. Wenn es auch sehr wahrscheinlich ist, dass die Ansichten von Linck sich in der Hauptsache später als richtig erweisen werden, so muss man doch energisch gegen sein Verfahren protestiren. Ein wirklicher Fortschritt in unserer Kenntniss der Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Krystallform kann nur erreicht werden durch neue, sorgfältige und eingehende Untersuchungen der wichtigeren isomorphen Reihen, ausgeführt mit Krystallen von höchster, festgestellter Reinheit und mit Hilfe der genauesten, jetzt zur Verfügung stehenden, experimentellen Methoden. In Folge der Publication von Linck ist der Verf. genöthigt, darauf hinzuweisen, dass er in seinen jetzt vollendeten Untersuchungen über die einfachen und doppelten Sulfate die ersten, für die Lösung einer so wichtigen Aufgabe hinreichenden und zuverlässigen Daten gegeben hat, und möchte die Hoffnung aussprechen, dass seine Fachgenossen ihm erlauben werden, in seiner Arbeit ungestört fortzufahren, um den Umfang solcher Beweise zu erweitern. Die meisten der interessanten Schlussfolgerungen von Linck wurden schon seit lange vom Verf. gezogen; Derselbe ist aber der Meinung, dass man erst nach mehrjähriger, fleissiger experimenteller Arbeit im Stande sein wird, eine definitive Verallgemeinerung mit Sicherheit zu begründen. Der Umfang der vom Verf. für die nächsten drei oder vier Jahre beabsichtigten Arbeiten ist am Ende der Untersuchung über die normalen Sulfate (diese Zeitschr. loc. cit. S. 77) specificirt; indessen stehen andere Reihen, welche andere Metallgruppen des periodischen Systems enthalten, jenen Fachgenossen offen, welche solche mühsame und äusserst sorgfältige Untersuchungen zu unternehmen wünschen.

X. Ueber das Wesen der Einheit der Krystallstructu

Schlussfolgerungen

aus den Untersuchungen über die einfachen und doppelten, Kaliu Rubidium und Cäsium enthaltenden Sulfate.

Von

A. E. Tutton in Oxford.

Die Structur der organisirten starren Materie, welcher man die zeichnung »krystallinisch« beilegt, ist ohne Zweifel eine homogene, u den Verschiedenheiten der Art der Homogenität sind die Variationen d Krystallgestalt, welche solche starre Materie zeigt, zuzuschreiben. D Wahrheit dieses wichtigen Satzes kann jetzt nicht mehr bestritten werde in Rücksicht auf den ziemlich vollkommenen Zustand unserer Kenntni betreffend die möglichen Arten der Theilung des Raumes, welche w Sohncke, Schönflies, Fedorow und Barlow verdanken, und a die Thatsache, dass die möglichen Arten homogener Structuren genau m den beobachteten Varietäten krystallinischer Symmetrie übereinstimme Die letzte Definition einer homogenen Structur, welche Barlow in sein neuesten Mittheilung[1]) an die Mineralogical Society (Sitz. 19. November 189 gegeben hat, ist im Wesentlichen die folgende: Eine homogene starre Struct ist eine solche, in der jedem Punkte andere genau gleichartige oder homolo Punkte entsprechen, welche gleichförmig im Raume vertheilt sind, und der um jeden Punkt herum die Anordnung der übrigen dieselbe ist, wie u jeden anderen Punkt; die ganze starre Structur ist eine Anordnung v beliebig beschaffener Materie constanter Form, die sich gleichförmig ihrer ganzen Ausdehnung immer wiederholt. Barlow hat in seiner letzte oben erwähnten Mittheilung besonders betont, dass, wenn die Structur Raumeinheiten getheilt wird, es nicht nöthig sei, dass jede solche die hom

1) Eine deutsche Ausgabe dieser Mittheilung ist für eines der folgenden Hefte Vorbereitung. D. Red.

gene Structur zusammensetzende Raumeinheit dieselbe Symmetrie, wie die homogene Structur selbst, besitzen müsse; es sei nur nothwendig, dass jedem, innerhalb, auf der Oberfläche oder ausserhalb der Structureinheit angenommenen Punkte andere genau ähnliche, in Bezug auf jede andere, die homogene Structur zusammensetzende Einheit der Materie correspondirende Punkte entsprechen.

Man fragt nun zunächst: Was ist diese Einheit der Materie oder Raumeinheit? Ist sie die chemische Molekel der Substanz, welche durch ihre gleichförmige Wiederholung den Krystall der vorliegenden chemischen Verbindung bildet, und ist es irgend ein Punkt auf, innerhalb oder ausserhalb derselben, welchen man als einen Sohncke'schen Punkt, wie er jetzt von Barlow definirt wird, annehmen kann, oder ist sie eine Einheit von grösserer Complexität als die chemische Molekel? Zur Betrachtung dieser Frage sollen zunächst die zur Zeit vorhandenen Daten, betreffend die Natur des Krystallbausteins übersichtlich kurz zusammengestellt und nachher durch die Resultate der Untersuchungen über die einfachen normalen Sulfate des Kalium, Rubidium und Cäsium und über die Doppelsulfate der Reihe $R_2M(SO_4)_2.6H_2O$, worin R durch dieselben drei Alkalimetalle repräsentirt wird, näher beleuchtet werden.

Das hauptsächlichste Zeugniss, welches gewöhnlich als günstig für die Voraussetzung betrachtet wird, dass die Molekularcomplexität einer Substanz im starren Zustande höher sei, als im flüssigen und gasförmigen Zustande, ist dasjenige, welches von dem Phänomen des Polymorphismus dargeboten wird. Es wird dabei vorausgesetzt, dass die Thatsache, dass manche Substanzen in verschiedenen Arten homogener Structuren sehr verschiedener Symmetrie existiren können, von der verschiedenen Natur der, diese Structur zusammensetzenden Einheiten verursacht wird, d. h. von einem verschiedenen Polymerisationszustande der chemischen Molekeln. Die thermischen Veränderungen, welche immer die Umwandlung irgend einer solchen Form in irgend eine andere begleiten, begünstigen diese Ansicht, denn sie verhalten sich ähnlich denjenigen thermischen Wirkungen, welche rein chemische Veränderungen begleiten. Es wird ferner beobachtet, dass, wenn bei der Umwandlung einer Modification in eine andere steigende Temperatur eintritt, häufig die Dichte zunimmt, z. B. wenn die am besten gekannte monosymmetrische Form des Schwefels in die stabilere und dichtere rhombische Form übergeht. Einer der lehrreichsten Fälle ist der von O. Lehmann beschriebene des Ammoniumnitrats. Bekanntlich schmilzt dieses Salz bei 168°; wenn die Flüssigkeit sich abkühlt, beginnen reguläre isotrope Krystalle sich auszuscheiden; wenn die Temperatur auf 127° gefallen ist, bilden sich doppeltbrechende, rhomboëdrische Krystalle, und bei 87° rhombische Krystalle, welche sich in regelmässiger Stellung an die Rhomboëder anlagern. Es würde also scheinen,

als ob diese verschiedenen Gestalten des Ammoniumnitrats auf einem Unterschiede der Art der Aggregation beruhen, d. h. auf einem Unterschiede der molekularen Complexität des Krystallbausteins. Aller Wahrscheinlichkeit nach besteht die Flüssigkeit aus chemischen Molekülen, der einfachen empirischen Formel entsprechend; die erste starre Form mag auch aus ähnlichen einfachen Molekülen bestehen, welche aber nicht mehr die Freiheit der rollenden Bewegung besitzen, oder es ist möglich, dass sie aus doppelten Molekülen besteht, und dass jede weitere Varietät durch Hinzufügung einer weiteren chemischen Molekel zur Structureinheit entsteht. Welche Ansicht auch immer richtig sei, so ist jede der aufeinander folgenden, während des Abkühlens sich bildenden Varietäten dichter als die unmittelbar vorhergehende Form. In dem Falle des Schwefels ist es die Form niedrigster Symmetrie, die monosymmetrische, welche während des Abkühlens der geschmolzenen Substanz zuerst entsteht. Also ist es nicht allgemeine Regel, dass die Krystalle der höheren Symmetrieart sich zuerst entwickeln, wenn die geschmolzene Substanz abgekühlt wird, und folglich hängt, wenn die vorhergehende Erklärung richtig ist, der Symmetriegrad einer homogenen Krystallstructur nicht allein von der Einfachheit der Structur des Krystallbausteins ab.

Zur Erklärung dieser, den Polymorphismus oder physikalischen Isomerismus betreffenden Thatsachen stehen zweierlei Annahmen offen. Die erste ist, dass jede der verschiedenen Formen einem Krystallbaustein entspricht, welcher eine specifische Anzahl chemischer Molekeln enthält, oder wenn, wie es häufig der Fall ist, zwei oder mehr der Varietäten demselben Symmetriesystem angehören, möglicherweise einer verschiedenen Anordnung der chemischen Molekeln innerhalb des Krystallbausteins. Die zweite Annahme ist die, dass durchweg derselbe molekulare Zustand existirt, und zwar in der Weise, dass der Krystallbaustein aus der chemischen Molekel selbst besteht, während die Ursache der verschiedenen Arten homogener Structuren in der Thatsache liegt, dass benachbarte Molekeln durch verschiedene Entfernungen getrennt sind, mit all den daraus sich ergebenden Folgerungen für die, die Natur der Symmetrie der homogenen Structur bestimmenden Kräfte, ob man diese nun den verschiedenen, die Molekel zusammensetzenden Atomen oder der Molekel selbst als Einheit zuschreibt. Es ist wohl denkbar, dass eine starre Structur bei einer nur wenig unter dem Schmelzpunkte liegenden Temperatur entsteht und beständig ist bei dieser Temperatur, während sie bei einer niedrigeren Temperatur unbeständig werden und zu zerfallen streben würde, natürlich unter Wärmeentwickelung. Die erste Annahme scheint aber von dem vorherrschenden Gewichte von Gründen unterstützt zu sein und befindet sich in vollständiger Uebereinstimmung mit den Thatsachen, welche in zahlreichen Fällen von sogenanntem physikalischem Isomerismus unter den Kohlenstoffverbindungen beobachtet wurden. Eine

sehr klare Zusammenfassung der jetzt existirenden Data wird von Arzruni in seiner Physikalische Chemie der Krystalle gegeben.

Die Annahme eines Krystallbausteins, welcher aus einer verschiedenen Zahl einfacher chemischer Molekeln besteht, für die verschiedenen polymorphen Formen der Substanzen, welche solche Formen besitzen, schliesst nicht nothwendig die Voraussetzung ein, dass der Krystallbaustein irgend einer und jeder Substanz immer aus mehr als einer chemischen Molekel besteht. Allerdings ist die beständigste Varietät mehrerer polymorpher Substanzen diejenige, welcher man naturgemäss die grösste molekulare Complexität zuschreiben würde, wie es z. B. die rhombischen Formen des Schwefels und des Ammoniumnitrats sind. Indessen ist es doch möglich, dass in allen Fällen, in denen kein Polymorphismus beobachtet worden ist, der Krystallbaustein die chemische Molekel selbst sein könne. Insbesondere ist dieses wahrscheinlich in den Fällen complicirter Molekeln, welche aus einer grossen Zahl von Atomen bestehen. Ueberdies deutet die beträchtliche Entwickelung thermischer Activität während der Polymerisation einfacher chemischer Molekeln zu polymorphen Varietäten an, dass diese Varietäten vielmehr von der Art verschiedener chemischer Substanzen sind, etwa wie Stauerstoff und Ozon gewöhnlich betrachtet werden, als blos physikalisch verschiedene Varietäten derselben chemischen Substanz, und dass die ganze Structurmolekel eines jeden in der That eine complicirte chemische Molekel ist. Die Zusammensetzung dieser Structurmolekeln könnte man wahrscheinlich aus ihren thermischen Beziehungen bestimmen, wenn man nur die Zahl der einfachen chemischen Molekeln in irgend einer Varietät mit Sicherheit wüsste. Die Frage nach der Zusammensetzung des Krystallbausteins irgend einer Substanz, oder irgend einer Varietät einer polymorphen Substanz, muss man daher von anderer Seite aus angreifen; und die sicherste Methode, Material zur Lösung derselben zu beschaffen, ist ohne Zweifel, ausführliche Untersuchungen der morphologischen und physikalischen Beziehungen der Krystalle von sicher verwandten Gliedern isomorpher Reihen auszuführen, um erstens die besondere Art homogener, der Reihe gemeinschaftlicher Structur zu entdecken und nachher durch das Studium der Kräfte, welche zur Erzeugung einer solchen Anordnung nöthig sind, und der beobachteten orientirten Aenderungen, welche die specifische Ersetzung eines Atoms der chemischen Molekel durch ein anderes begleiten, vielleicht zur entscheidenden Kenntniss der Natur des Krystallbausteins selbst zu gelangen. Als sehr wichtig würden hierbei auch in Betracht zu ziehen sein die Bedingungen der Symmetrie homogener Structur, wie sie in der letzten Zeit von Barlow aufgestellt worden sind (diese Zeitschrift, **23**, 1 und loc. cit.), ferner die Daten betreffend die Wirkungssphäre der molekularen Kräfte, und endlich die van t'Hoff'sche Theorie, welche isomorphe Mischungen als starre Lösungen betrachtet.

Es wird bequem sein, zunächst die aus den drei letzteren Quellen stammenden Gründe zu betrachten vor der Erörterung der Resultate der Untersuchungen über die einfachen und doppelten, Kalium, Rubidium und Cäsium enthaltenden Sulfate. Die Barlow'schen Bedingungen der Symmetrie homogener Structuren sind schon vorher erwähnt worden; es ist nur nothwendig, besonders daran zu erinnern, dass diese Bedingungen nicht verlangen, dass die Raumeinheit dieselbe Symmetrie besitzen müsse, wie die Structur selbst.

In einer Mittheilung an die Chemical Society (Journ. Chem. Soc. 1888, **53**, 222) hat Rücker eine vollständige Zusammenfassung der zuverlässigen Daten über die Wirkungssphäre der molekularen Kräfte gegeben. Die interessantesten Schlussfolgerungen, soweit sie sich auf den vorliegenden Gegenstand beziehen, sind die folgenden: Die geringste Dicke eines Silberhäutchens, welche von Wiener geschätzt wurde, ist 0,2 Milliontel eines Millimeters; die mittlere Entfernung zwischen den Centren der nächsten Molekeln eines flüssigen Körpers ist 0,07—0,02 Milliontel eines Millimeters, und die untere Grenze des Durchmessers einer Gasmolekel ist 0,02 Milliontel eines Millimeters; die beiden letzten Schätzungen rühren von Lord Kelvin her. Wenn man nun annimmt, dass die Grösse einer starren Molekel, oder die Entfernung der Centren zweier benachbarter starrer Molekeln, nicht sehr verschieden von der für flüssige Molekeln geschätzten Grösse ist, eine Voraussetzung, welche ohne Zweifel gerechtfertigt wird durch die sehr geringe Volumveränderung, welche beim Uebergange vom flüssigen zum starren Zustande eintritt, so ist klar, dass das dünnste darstellbare Silberhäutchen nicht mehr als zehn Silbermolekeln in der Richtung seiner Dicke enthalten kann und wahrscheinlich nur fünf oder sechs. Wenn also die Structureinheit des starren Silbers nur aus einfachen chemischen Molekeln besteht, deren jede zwei Silberatome enthält, so können nicht mehr als jene Zahl solcher Einheiten in der erwähnten Dicke existiren; wenn aber in dieser Dicke nur eine einzige Structureinheit existiren würde, was kaum wahrscheinlich ist, so könnte die Structureinheit des Silbers nicht mehr als zehn, oder aller Wahrscheinlichkeit nach nicht mehr als fünf oder sechs chemische Molekeln enthalten, und es würden noch weniger sein, wenn mehr als eine Structureinheit in der betreffenden Schicht vorhanden wäre. Das Problem ist also auf diese Grenzen beschränkt.

Brillouin (Ann. Chim. Phys. 1895, 540) erörtert die Grenzen der Entfernung der molekularen Wirkung in ihrer Beziehung zur Oberflächenspannung der Krystallformen. Er zeigt erstens, dass die Existenz von Krystallflächen auf der Thatsache beruht, dass die molekulare Wirkungssphäre sich auf mehr als eine molekulare Entfernung erstreckt, und leitet anderseits aus dem Gesetz der Rationalität der Indices der Krystallflächen

die Schlussfolgerung ab, dass der Grenzwerth jener Wirkungssphäre nur einer kleinen Zahl molekularer Entfernungen entspricht, wahrscheinlich nicht mehr als vier oder fünf. Er zeigt alsdann, dass in den Krystallen die Entfernung, in welcher Repulsion einer Molekel stattfindet, relativ sehr klein ist, und dass die begrenzende Oberfläche der Zone der Repulsion eine neutrale Zone bildet, während an der anderen Seite derselben auf wenige molekulare Entfernungen hin Attraction bemerkbar wird. Er zeigt weiter, dass die Orientirung der molekularen Kräfte dadurch hervorgebracht wird, dass die Atomdimensionen bemerkbare Grössen gegenüber den molekularen Entfernungen sind, und folglich die Vertheilung der Atome in der Molekel beträchtlichen Einfluss ausübt. Endlich schliesst er, dass die Molekel keinen bemerkbaren Einfluss auf mehr als acht oder zehn molekulare Entfernungen hin ausübt, dass aber die Wirkung innerhalb vier oder fünf solcher Entfernungen bemerkbar ist, und dass ferner die Flächen bemerkbare oberflächliche Spannungen ausüben, welche, wegen der erwähnten Ursache, in verschiedenen Richtungen innerhalb des Krystalles variiren.

Die Schlussfolgerungen, zu welchen die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen über die Wirkungssphäre molekularer Kräfte führen, sind also von beträchtlicher Wichtigkeit, insofern als aus ihnen hervorgeht, dass der Krystallbaustein, wenn er nicht mit der chemischen Molekel identisch ist, aller Wahrscheinlichkeit nach aus nicht mehr als vier oder fünf chemischen Molekeln bestehen kann, und am wahrscheinlichsten aus einer noch kleineren Anzahl.

Die Anwendung der van 'tHoff'schen Theorie, welche krystallisirte Mischungen isomorpher Salze als starre Lösungen des einen in dem anderen betrachtet, zur Bestimmung der Natur des Krystallbausteines wird von Fock in zwei Mittheilungen (Ber. deutsch. chem. Ges. 1895, **28**, 2734 und diese Zeitschr. 1895, **25**, 566) erörtert. Wenn c_1 und c_2 die Concentrationsgrade zweier isomorpher Salze in derselben flüssigen Lösung repräsentiren, d. h. die Zahl der Molekeln in der Volumeinheit, und x_1 und x_2 die entsprechenden Concentrationsgrade oder molekularen Procente in den ausgeschiedenen Mischkrystallen, so erfordert die Theorie, dass $\frac{c_1}{x_1}$ und $\frac{c_2}{x_2}$ nur dann constant sein sollen, wenn die molekulare Complexität dieselbe sowohl in dem starren, als im flüssigen Zustande ist. Wenn die Molekel dagegen im starren Zustande n-mal so gross als im flüssigen Zustande ist, so müssen $\frac{c_1}{\sqrt[n]{x_1}}$ und $\frac{c_2}{\sqrt[n]{x_2}}$ constant sein. Als ein störender Factor erweist sich aber hierbei die Dissociation der Salze in der wässerigen Lösung, und die Methode ist daher schwerer anzuwenden, als es auf den ersten Blick erscheint. Den hierdurch entstehenden Fehler kann man mehr oder weni-

ger eliminiren, indem man Salze auswählt, deren Löslichkeiten bein die gleichen sind. Mischkrystalle eines solchen Paares von Salzen, näml von Monokaliumphosphat KH_2PO_4 und dem entsprechenden Monokaliu arseniat KH_2AsO_4, sind von Muthmann untersucht und die Resultate ' Fock, von dem erwähnten Standpunkte aus, neu berechnet worden. ergab sich dabei das interessante Resultat, dass für die beiden Salze $\frac{c}{x}$ r geringe Abweichungen von der Constanz zeigt, während $\frac{c}{\sqrt{x}}$ viel me variirt. Daraus schliesst Fock, dass der Krystallbaustein dieser beid Salze gleich der chemischen Molekel sei. Eine ähnliche Berechnung f die ebenfalls von Muthmann untersuchten Salze Kaliumpermanganat u Kaliumperchlorat führt zum Schlusse, dass ihre Krystallbausteine aus zw chemischen Molekeln bestehen, wenn man annimmt, dass die letzte durch die Formel $KMnO_4$ resp. $KClO_4$ repräsentirt werde, oder aus n einem einzigen chemischen Molekül, wenn man die Zusammensetzung de selben als der Formel $K_2Mn_2O_8$ resp. $K_2Cl_2O_8$ entsprechend betrachtet. I diesen beiden Salzen sind aber die Resultate nicht ganz so befriedigen weil ihre Löslichkeiten sehr verschieden sind, und folglich die Dissociati einen grösseren Einfluss ausübt.

Die normalen Sulfate des Kalium, Rubidium und Cäsium würden si gar nicht für eine solche Untersuchung eignen wegen der sehr gross Verschiedenheit ihrer Löslichkeit, wie in der diese Salze betreffenden M theilung vom Verf. angegeben worden ist (loc. cit. S. 3).

In seiner zweiten Mittheilung (diese Zeitschr. **25**, 566) deutet Fo an, dass nach dem obigen Resultate im Allgemeinen die Symmetrie d Krystallbausteins von einer niedrigeren Ordnung als diejenige des Krysta selbst ist. Wenn die Molekeln KH_2PO_4 und KH_2AsO_4 die Krystallbaustei sind, kann keine Anordnung der Atome im Raume dieselbe hohe tetragon Symmetrie darstellen als die Krystalle selbst. Dagegen könnte man, alle dings nicht ohne die gewöhnlichen Ideen über die Valenz etwas zu erw tern, die Bestandtheile der Bausteine $K_2Mn_2O_8$ und $K_2Cl_2O_8$ in solcher We anordnen, dass sich rhombische Symmetrie ergäbe. Die aus der Theo der starren Lösungen abgeleiteten Resultate scheinen also im Einklange r der Schlussfolgerung von Barlow zu sein, dass die Structureinheit im A gemeinen nicht denselben hohen Grad der Symmetrie, wie die Struct selbst, besitzt.

In der Mittheilung über die normalen Sulfate des Kalium, Rubidi und Cäsium (diese Zeitschr. **25**, 26) wurde bereits eingehend Bezug g nommen auf eine wichtige Mittheilung, welche vor kurzer Zeit von Mut mann in dieser Zeitschrift (**22**, 497) gemacht worden war, betreffend d morphologischen Eigenschaften der Phosphate und Arsenate des Kaliu

und Ammonium und der Permanganate des Kalium, Rubidium, Cäsium und Ammonium. Aus den Veränderungen, welche die topischen Axenverhältnisse erfahren, wenn ein chemischer Bestandtheil durch einen anderen derselben Gruppe ersetzt wird, hat Muthmann geschlossen, dass, wenn der Krystallbaustein ähnliche Symmetrie wie der Krystall selbst besässe, die Krystallbausteine der isomorphen Reihe der Monophosphate und Monoarsenate jeder aus acht chemischen Molekülen bestehen müsste, und diejenigen der Alkalipermanganate aus vier chemischen Molekülen. Es ist in der Mittheilung über die normalen Sulfate gezeigt worden, dass, wenn die Voraussetzung Muthmann's richtig wäre, die Natur der Veränderungen der topischen Axen jener Salze eine ähnliche Schlussfolgerung wie im Falle der Alkalipermanganate andeuten würde, nämlich, dass der Baustein aus vier chemischen Molekülen bestehen müsse. Dieser Schluss hängt aber von der Voraussetzung ab, dass der Baustein dieselbe Symmetrie wie die ganze Structur besitzt. Es wurde angedeutet, dass es schwer zu verstehen wäre, dass in bestimmter Richtung eine Veränderung eintreten sollte, ohne dass die Metallatome nach denjenigen Axenrichtungen angeordnet wären, welche die grösste Veränderung bei der Ersetzung eines Metalls durch ein anderes zeigten. Es wurde aber keine definitive Schlussfolgerung gewagt, weil der Verf. vorzog, die Resultate der Untersuchung über die Doppelsulfate abzuwarten.

Es ist in jener Mittheilung bewiesen worden, dass der Typus der homogenen Structur bei den einfachen Alkalisulfaten derjenige des rechtwinkeligen rhombischen Prismas ist. Den Beweis dafür lieferten die Spaltungsrichtungen, die Stellungen der am dichtesten mit entsprechenden Punkten besetzten Ebenen und die Art der an den Krystallen am grössten entwickelten Formen, deren Betrachtung übereinstimmend zu demselben Resultate führte.

Die Schlussfolgerungen, welche von der Untersuchung der monosymmetrischen Doppelsulfate geliefert werden, sollen nun zunächst erörtert werden. Durch diese ist Verf. auf eine Idee über die Natur des Krystallbausteines insbesondere und der Krystallisation im Allgemeinen geführt worden, welche ganz verschieden ist von derjenigen, zu welcher das Studium der einfachen Sulfate allein geführt haben würde; dieselbe ist durch ihre Einfachheit ausgezeichnet und stimmt völlig mit dem Barlow-schen Begriff einer homogenen Structur, mit den bekannten Thatsachen, betreffend die Wirkungssphäre der molekularen Kräfte, und mit den Fock'schen Schlussfolgerungen aus der Theorie starrer Lösungen überein.

Von weitaus überwiegendem Gewichte sind die Gründe dafür, dass das Punktsystem der Reihe monosymmetrischer, mit $6H_2O$ krystallisirender Doppelsulfate dasjenige des monosymmetrischen primären Prismas ist und

nicht das pinakoidale Prisma, welches dem pinakoidalen rhombischen Prisma der einfachen Sulfate entsprechen würde. Die beiden Pinakoide sind nur selten an den Krystallen irgend eines der Doppelsulfate vorherrschend entwickelt, sondern bei der grossen Mehrheit gut ausgebildeter Krystalle entweder ganz abwesend oder äusserst schmal ausgebildet. Die Flächen des primären Prismas sind dagegen immer gross entwickelt, und in den meisten Fällen sind sie die vorherrschenden Flächen, sogar häufig die einzige vorhandene prismatische (die pinakoidalen Formen eingeschlossen) Form. Unter den Endflächen herrscht ohne Zweifel die Basis vor. Von manchen Salzen der Reihe, insbesondere den Kalium enthaltenden, sind eine Mehrheit von Krystallen gefunden worden, welche auf den ersten Blick gar keine anderen Flächen, als diejenigen des primären Prismas und der Basis zu zeigen scheinen; nähere Betrachtung mit der Lupe liess gewöhnlich äusserst kleine Flächen des Klinodomas {011} und vielleicht des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ erkennen, aber häufig wurden auch nicht einmal Spuren dieser oder anderer Flächen beobachtet. Allerdings ist in einigen wenigen Fällen, insbesondere am schwefelsauren Rubidium-Cadmium, eine vorherrschende Entwickelung des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ beobachtet worden; dies sind aber Ausnahmen. Daher darf man schliessen, dass die relative Entwickelung der Krystallform auf einen Structurtypus hindeutet, welcher mit demjenigen des primären Prismas {110} und der Basis {001} übereinstimmt.

Für Schlüsse auf die Molekularstructur ist die Spaltbarkeit nicht so wichtig bei dem monosymmetrischen Systeme als bei dem rhombischen; denn dort giebt es keine Beschränkung ihrer Stellung, ausgenommen, dass sie entweder identisch mit oder symmetrisch zu der Symmetrieebene sein muss, und wenn sie dazu senkrecht ist, giebt es keine Einschränkung, was ihr Azimuth betrifft. Es ist gezeigt worden, dass die Spaltbarkeit senkrecht zur Symmetrieebene ist, und zwar in der ganzen Reihe durchaus parallel dem Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$. Dieses könnte man als günstiges Zeugniss dafür betrachten, dass diese Form die End-Netzebene sei, aber gegen diese Ansicht spricht die wichtigere Thatsache, dass der Inhalt einer solchen Endfläche viel grösser sein würde, als derjenige der Basis; denn, wie aus Betrachtungen über die Capillaritätsconstanten wohlbekannt ist, werden Flächen viel leichter gebildet parallel denjenigen Ebenen, welche mit Punkten am dichtesten besetzt sind, und parallel welchen daher der Inhalt des von vier benachbarten Punkten gebildeten Parallelogramms am geringsten ist. Wenn man annimmt, dass das primäre Prisma die Seiten des Parallelogramms bilde, so würde der relative Inhalt einer Endfläche parallel der Basis $a \times \frac{b}{2}$ sein. Wenn man das $RbZn$-Salz als Beispiel nimmt, wobei $a : b : c = 0{,}7373 : 1 : 0{,}5011$, so hat man $0{,}7373 \times \frac{1}{2} = 0{,}3686$ für

den fraglichen Inhalt. Wenn die Form $\{\bar{2}01\}$ die Endfläche bilden würde, so wäre der Inhalt $x \times \frac{b}{2}$, wo x die dritte Seite eines Dreiecks ist, dessen beide andere Seiten $2c$ und a sind, und dessen zwischenliegender Winkel der Axenwinkel β ist. Die Berechnung für dasselbe Salz, für welches $\beta = 74^\circ\ 7'$, liefert für x die relative Länge 1,5988. Daher wird der gesuchte Inhalt die Hälfte dieser Zahl, 0,7994, ein viel grösserer Werth, als derjenige, welcher der Basis entspricht.

Die Spaltungsrichtung ist hier hauptsächlich insofern wichtig, als sie andeutet, dass der Typus der Structur nicht derjenige des pinakoidalen Prismas ist, denn in diesem Falle müsste man eine Spaltung parallel der Symmetrieebene erwarten, während sie dazu senkrecht und in einer Richtung stattfindet, welche nicht diejenige des Orthopinakoids ist. Wenn die Endfläche $r'\{\bar{2}01\}$ wäre, würde der Typus derjenige eines ungewöhnlich steil geneigten monosymmetrischen Prismas sein, während eine Endfläche parallel $\{001\}$ viel weniger steil und daher viel wahrscheinlicher ist. Natürlich ist es immerhin möglich, dass $r'\{\bar{2}01\}$ die Endfläche bildet, aber auch dann würde der Typus derselben der gleiche, aber ein viel schieferer sein. Sonst wäre das Punktsystem genau dasselbe, denn r' ist eine Fläche von einfachen Indices, und daher würde der Structurtypus eine entsprechende Punktebene enthalten, und es wäre also für die gesammte homogene Structur ganz einerlei, welche der zwei Formen, die Basis $\{001\}$ oder $r'\{\bar{2}01\}$, man als die Endebene der sie bildenden Form betrachtet.

Zur Beantwortung der Frage, ob das Pinakoid oder das primäre Prisma die verticalen Netzebenen der Structur bildet, kann mit Vortheil die Prüfung des Inhaltes derselben verwendet werden. Je nach den Beziehungen der Axenlängen a, b und c wird eines der Pinakoide oder das primäre Prisma den geringsten Inhalt besitzen und, weil die darin enthaltenen Punkte am dichtesten angeordnet sind, aller Wahrscheinlichkeit nach die Hauptpunktebene der Reihe darstellen. Der Inhalt des Klinopinakoids ist nun im Falle des als typisch gewählten $RbZn$-Salzes $ac \sin\beta = 0{,}7373 \times 0{,}5011 \times \sin 74^\circ\ 7' = 0{,}3554$; der Inhalt des Orthopinakoids ist $b\,c = 0{,}5011$; derjenige des primären Prismas ist $c \times \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} \times \sin\,\Theta$, wo Θ der Winkel zwischen den Kanten pp und cp ist, und zwar der Winkel bei p in dem Dreieck acp der sphärischen Projection (S. 494 der diese Salze betreffenden Mittheilung, loc. cit.), welcher durch Berechnung $= 80^\circ\ 39'$ gefunden wird; wenn man diesen Werth anwendet, findet man für den Inhalt die Grösse 0,3071. Also ist die einem Parallelogramm kleinsten Inhaltes entsprechende Ebene diejenige, welche dem primären Prisma entspricht.

Es ergiebt sich hieraus also für die Doppelsulfate, dass alle verschie-

denen, gültigen Betrachtungen übereinstimmend andeuten, dass der Typus der homogenen Structur derjenige des primären Prismas $p\{110\}$ ist, mit der Basis $\{001\}$ als Endfläche. Die Axen a und b sind folglich parallel den Diagonalen der Basis. Dieser specielle Typus entspricht dem Typus 64a von Barlow.

Es ist für den Fall der einfachen Sulfate bewiesen worden, dass der Typus derjenige des rechtwinkeligen (pinakoidalen) rhombischen Prismas mit der Basis als Endfläche sei, und zwar so, dass die drei Axen parallel den verschiedenen Kanten des Prismas sind. Verf. nimmt diese Gelegenheit wahr, um einen Irrthum zu corrigiren, welcher bei der Berechnung des Inhalts des primären Prismas jener Salze (S. 30 der diese Salze betreffenden Mittheilung, loc. cit.) untergelaufen ist. Anstatt $\sqrt{a^2+b^2}\times c$ muss es heissen: $\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2+\left(\frac{b}{2}\right)^2}\times c$. Natürlich kann die Gerade, welche die Enden der Axen a und b verbindet und die Hypotenuse des Dreiecks bildet, dessen Katheten die Halbaxen sind, nie grösser als beide Axen sein; es ist die Aufgabe, zu finden, welche die kleinste sei, eine der Axen oder die oben erwähnte Linie, die Kante des primären Prismas. Das Resultat ist 0,58, in der Mitte zwischen dem Brachypinakoid 0,42 und dem Makropinakoid 0,74. Der kleinste Inhalt wird daher einem der Pinakoide zukommen, und folglich ist der rechtwinkelige Structurtypus der richtige. Der Irrthum, welcher durch die für die Diagonale der rechtwinkeligen Basis anstatt für die parallele, aber nur halb so lange Verbindung der beiden Enden der Axen ausgeführte Berechnung verursacht ist, berührt die Schlussfolgerungen keineswegs, aber es ist wünschenswerth, ihn zu corrigiren. Es ist sehr interessant, zu bemerken, dass in der Zone des Makropinakoids (der Ebene geringster Dichtigkeit) und der Basis keine zwischenliegenden Flächen je entwickelt beobachtet worden sind, in Bestätigung der Regel, dass die Ebenen grösster Dichtigkeit diejenigen sind, parallel denen Flächen am leichtesten gebildet werden, und umgekehrt.

Es muss wohl verstanden werden, dass diese Schlussfolgerungen, betreffend die Punktsysteme der beiden Salzreihen, gar nichts über die Gestalt oder Natur der Krystallbausteine einschliessen. Die Punkte repräsentiren nur die Centren benachbarter Moleküle. Wir kommen nun aber zu jener interessanten Frage. Für die drei topischen Axen der Doppelsulfate wurde eine Zunahme gefunden, wenn Kalium durch Rubidium und letzteres durch Cäsium ersetzt wird, und zwar am meisten längs der Richtung der Symmetrieaxe b; die Ausdehnungen längs der Axen a und c ergeben sich gewöhnlich beinahe gleich, die erstere etwas grösser. Im Falle der drei Kupfersalze zeigte sich die eigenthümliche Natur des Kupfers durch eine Vergrösserung der Zunahme längs der geneigten Axe a auf Kosten derjenigen längs der Verticalaxe c. Nun wurde keinerlei Hemiëdrie beobachtet;

die Krystalle zeigten immer die Eigenschaften der prismatischen (monoklinholoëdrischen) Klasse des monoklinen Systems nach der von Groth in der neuen Auflage seiner Physikalischen Krystallographie gebrauchten Sohncke'schen Klassificirung. Ausserdem ist die minimale Zahl der in dem Krystallbaustein vorhandenen Atome des Alkalimetalls zwei, einem Molekül $R_2M(SO_4)_2.6H_2O$ entsprechend. Daher muss man schliessen, dass die grosse Ausdehnung normal zur Symmetrieebene, welche bei der Ersetzung eines Alkalimetalls durch ein anderes von höherem Atomgewichte beobachtet worden ist, dadurch verursacht wird, dass die beiden Atome des Alkalimetalls in ihrer Ruhelage symmetrisch zur Symmetrieebene angeordnet sind, oder, wenn sie sich in einem Zustande beschränkter Bewegung befinden, die Räume, innerhalb deren die Bewegungen stattfinden, symmetrisch zur Symmetrieebene liegen, d. h. ihre Ruhelagen resp. Centren werden längs der Normale der Symmetrieebene angeordnet sein müssen.

Die Complexität der Formel eines Moleküls ist im vorliegenden Falle bereits so gross, denn es besteht aus nicht weniger als acht einfachen chemischen Molekülen (einem Molekül des Alkalisulfats, einem des M-Sulfats und sechs Molekülen Wasser), dass, im Hinblick auf die früher festgestellte Grösse der Wirkungssphäre der molekularen Kräfte, wenn es nothwendig ist, die Existenz eines einzelnen Krystallbausteins anzunehmen, dieser durch nicht mehr als ein Molekül repräsentirt sein kann. Es kann daher nicht zugegeben werden, dass die molekulare Complexität noch höher als diese sei, ob man die Verbindung der Bestandtheile als eine chemische oder eine physikalische betrachtet.

Es entsteht nun zunächst die Frage: Ist es nöthig, die Existenz eines einzigen, die ganze Formel repräsentirenden Krystallbausteins anzunehmen oder, in Uebereinstimmung mit dem von Sohncke vor langer Zeit gemachten Vorschlage, die eines Krystallelementes, welches aus zwei Bestandtheilen besteht, dem wasserfreien Doppelsalzmolekül und den $6H_2O$; d. h. ist es nöthig, die Existenz irgend einer anderen Structureinheit anzunehmen, als die der einfachen chemischen Moleküle selbst?

Die in der vorhergehenden Mittheilung gegebene Vergleichung der einfachen und doppelten Sulfate liefert gewichtige Gründe für das Gegentheil. Es wurde nachgewiesen, dass die Alkalisulfate praktisch dasselbe Volum in den Doppelsulfaten ausfüllen, wie in den einfachen Salzen selbst, während bei der Verbindung der verschiedenen Atome zum chemischen Molekül des Alkalisulfats eine relativ ungeheure Verminderung des Volums stattfindet, und zwar so, dass das Volum der gebildeten Verbindung in der That geringer ist, als das ursprüngliche Volum der Atome des Alkalimetalls allein, und man kann doch nicht annehmen, dass das negative Radical gar kein Volum ausfüllt, oder weniger als keines, was ungereimt wäre. Daher ist eine chemische Verbindung der beiden Moleküle der einfachen

Salze ganz ausgeschlossen, denn die Bildung einer solchen würde von einer Volumveränderung begleitet sein, ähnlich, wenn auch vielleicht geringer im Betrage, derjenigen, welche die Bildung eines einfachen Salzes aus seinen elementaren Bestandtheilen begleitet, und eine solche Volumveränderung ist nicht beobachtet worden. Irgend eine andere Art der Vereinigung muss eine sehr lose sein. Uebrigens ist das Doppelsalz nur im krystallisirten Zustande bekannt.

Aus diesen Gründen sieht Verf. als den einzig möglichen und nothwendigen Schluss denjenigen an, dass bei der Bildung der Krystalle der Doppelsalze dieser Reihe, und also wahrscheinlich isomorpher Reihen im Allgemeinen, keine andere Structureinheit theilnimmt, als die chemischen Moleküle der einfachen, sie constituirenden chemischen Verbindungen des Alkalisulfats, des *M*-Sulfats und des Wassers; und dass die Thatsache der Constanz ihres molekularen Verhältnisses lediglich eine Bedingung des Typus homogener Structur ist, in welchem sie ihr Gleichgewicht finden. Dass dieser Typus aller Wahrscheinlichkeit nach derjenige des primären monoklinen Prismas mit rhombischer Basis, des Typus 64a von Barlow, sei, wurde bereits nachgewiesen. Die Existenz chemischer Moleküle und die Barlow'sche Verallgemeinerung, betreffend die homogene Theilung des Raumes, bieten also Alles dar, was nothwendig ist, um die Krystallstructur und die Beständigkeit der molekularen Verhältnisse bei Doppelsalzen und Krystallwasser enthaltenden Salzen zu erklären. Die Annahme der Bildung molekularer chemischer Verbindungen oder zusammengesetzter Krystallbausteine ist also ganz überflüssig und steht mit den Thatsachen nicht in Uebereinstimmung.

Diese, auf den Volumbeziehungen begründete Schlussfolgerung bietet eine Erklärung der von Lehmann beobachteten Thatsache dar, dass orientirte Kräfte nicht unentbehrlich zur Bildung der Krystallstructur sind, dass die »pedetische« oder Brown'sche Bewegung äusserst kleiner Partikel genügt, um deren Anordnung in der geeignetsten, d. h. in einer dem Gleichgewicht entsprechenden Weise zu erklären. In der That wird alles, was den chemischen Molekülen die Annahme dieses Gleichgewichtszustandes, welcher der Bildung einer homogenen Structur entspricht, erleichtert, wie Capillarität oder Störungen der Convectionsströme, die Krystallisation begünstigen. Ein vortreffliches Beispiel ist die Störung einer übersättigten Lösung, welche gewöhnlich die Krystallisation augenblicklich verursacht.

Was die Anordnung der constituirenden chemischen Moleküle in der Structur betrifft, so ist aus den Betrachtungen über die Variationen der topischen Axen gefolgert worden, dass die beiden Atome des Alkalimetalls in jedem Molekül des Alkalisulfats symmetrisch in Bezug auf die Symmetrieebene angeordnet sein müssen. Auch deutet der vorherrschende Einfluss des Alkalimetalls auf den Charakter der Krystalle an, dass das

eine Atom des M-Metalls eine mehr centrische und daher wenig wirksame Stellung besitzt. Die Wassermoleküle dürfen um die Moleküle der beiden einfachen Sulfate nach irgend einer Anordnung vertheilt werden, welche mit den zahlreichen Möglichkeiten des Typus 64a im Einklang steht; dieser Typus ist auch völlig fähig, die Anordnung der einfachen Sulfate nach den beiden eben erwähnten, mit den beobachteten Thatsachen übereinstimmenden Forderungen zu erklären.

Was nun die einfachen Alkalisulfate betrifft, so ist es klar, dass in Hinblick auf die wichtigen, aus der Untersuchung über die Doppelsulfate hergeleiteten Schlussfolgerungen es nicht länger nothwendig sein wird, vorauszusetzen, dass der Krystallbaustein oder die Structureinheit irgendwie complicirter sei, als das chemische Molekül R_2SO_4 selbst. Es liegt hier der besondere Fall vor, dass man das Molekül betrachten kann als dieselbe Symmetrie besitzend, wie der Krystall selbst, denn man kann die Formel folgendermassen schreiben:

$$R{-}O{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{S}}{-}O{-}R.$$

Dieses ist aber nur eine zufällige Eigenthümlichkeit der Zusammensetzung dieses besonderen chemischen Moleküls. Die Annahme einer solchen Structureinheit könnte nun die beobachteten Thatsachen der Variationen der topischen Axen vollständig erklären. Zwei Richtungen zeigten grosse Veränderung und vorzüglich eine davon. Letztere würde ohne Zweifel der Richtung der Linie entsprechen, welche die beiden R-Atome verbindet, und die andere Richtung von etwas geringerer Veränderung wahrscheinlich derjenigen, welche senkrecht zu dieser Linie ist und nicht durch die doppelt verbundenen (was immer dieses bedeutet) Sauerstoffatome geht, denn die Wirkung in dieser dritten Richtung müsste durch diese Atome wesentlich verringert werden. Welche auch die thatsächlichen relativen Stellungen der Atome im Raume seien, und ob sie sich in Bewegung oder in Ruhe befinden, immer sind die Variationen der topischen Axen ganz gut durch die Zusammensetzung des Moleküls und den jetzt wohlbekannten vorherrschenden Einfluss des Alkalimetalls zu erklären.

Es ist bemerkenswerth, dass das Krystallsystem der einfachen Sulfate von höherer Symmetrie ist, als dasjenige der Doppelsulfate, denn es deutet an, dass im Allgemeinen mit einer heterogeneren Zusammensetzung einer krystallisirten Substanz ein niedrigerer Symmetrietypus verbunden ist.

Es ist aber klar, dass, wenn der Krystallbaustein identisch mit dem chemischen Molekül ist, es nicht nöthig sein wird, dass die Bausteine denselben Grad von Symmetrie besitzen, wie der Krystall, und dass dies im Allgemeinen nicht der Fall sein wird. Seine Symmetrie kann grösser, gleich oder geringer als diejenige des Krystalls sein, und wird natürlich

von der specifischen Natur und Zusammensetzung der besonderen chemischen Verbindung abhängen. Diese Schlussfolgerung steht völlig in Uebereinstimmung mit derjenigen von Barlow aus seiner Verallgemeinerung über die homogene Theilung des Raumes und mit derjenigen, welche von Fock aus der van't Hoff'schen Theorie der starren Lösungen abgeleitet worden ist.

Der einfache Satz, dass die Bildung von Doppelsalzen constanter Zusammensetzung und von einfachen oder Doppelsalzen, welche mit bestimmten Mengen des Lösungsmittels krystallisiren, lediglich in der Annahme eines Gleichgewichtszustandes besteht, welcher einem besonderen Typus homogener Structur entspricht, hat den unschätzbaren Vortheil, dass er die Nothwendigkeit der Voraussetzung einer chemischen Bindung zwischen den molekularen Theilen vollständig beseitigt, eine Voraussetzung, welche häufig zu beträchtlichen Verletzungen der Regeln über die Valenz nöthigt.

Der Satz, dass es allein der Structurtypus ist, welcher die molekulare Zusammensetzung bestimmt, und folglich bei Krystallwasser enthaltenden Salzen die Zahl solcher Wassermoleküle, ohne dass eine chemische Bindung zwischen den Molekülen existirt, erklärt vollständig den Mangel an Festigkeit, mit welchem das Wasser häufig in solchen Substanzen gebunden ist. Es wurde nachgewiesen, dass die Beständigkeit ihr Minimum bei den untersuchten Doppelsulfaten erreicht, wenn das Atomgewicht des Alkalimetalls in dem Alkalisulfat, entsprechend dem Volum des letzteren, niedrig ist, während das Volum des *M*-Sulfats ein hohes ist. Die letztere Bedingung ist im Extrem verwirklicht bei den Cadmiumsalzen, und bei diesen wurde beobachtet, dass das *CsCd*-Salz beträchtliche Neigung zur Verwitterung zeigt, dass das *RbCd*-Sulfat noch viel unbeständiger ist, und dass endlich das *KCd*-Sulfat, in welchem das Alkalimetall das geringste Atomgewicht besitzt, überhaupt nicht zur Krystallisation zu bringen ist, ausser mit nur zwei Molekülen Wasser, und dann wird das Krystallsystem natürlich ein ganz verschiedenes. In ähnlicher Weise krystallisirt *KMn*-Sulfat nicht mit mehr als vier Molekülen Wasser, entsprechend dem Umstande, dass Mangansulfat ein ausnahmsweise grosses Volum (wenn auch nicht so extrem wie Cadmiumsulfat) besitzt, daher auch hier das Doppelsalz einem anderen Typus homogener Structur angehört. Im Gegensatze dazu besitzen die *Ni*-Salze ein abnorm niedriges Volum, und folglich ist *KNi*-Sulfat eines der schönsten Salze der Reihe, von welchem man völlig durchsichtige, beständige Krystalle sehr leicht erhalten kann.

Die Schlussfolgerung, dass der Krystallbaustein der einfachen Alkalisulfate identisch mit dem chemischen Molekül ist, steht im Einklange mit der Thatsache, dass die von Gladstone für den gelösten Zustand bestimmte molekulare Refraction identisch mit dem Mittel der drei vom Verf. bestimmten Werthe der molekularen Refraction der Krystalle dieser Salze ist. Es

ist klar, dass die mittlere Refraction von dem chemischen Molekül, die Differentiation in verschiedenen Richtungen im Krystalle dagegen von der homogenen Structur bedingt wird. Ausserdem ist nachgewiesen worden, dass das Alkalisulfat in den Krystallen des Doppelsulfats genau dieselbe molekulare Refraction, als in den Krystallen der einfachen Sulfate selbst besitzt, was, um nicht mehr zu sagen, im Einklange mit der Voraussetzung steht, dass derselbe molekulare Zustand in beiden Salzen existirt.

Es bleibt noch eine interessante optische Eigenschaft zu erklären übrig, nämlich die Drehung des optischen Ellipsoids der Doppelsulfate um die Symmetrieaxe durch eine Veränderung des Atomgewichtes des Alkalimetalls. In einem Vortrage auf der Versammlung der British Association zu Ipswich im Jahre 1895 hat Barlow die beobachteten Beziehungen zwischen der morphologischen und optischen Symmetrie der Krystalle zu erklären versucht. Aus dem bekannten Einflusse der Anwesenheit molekularer Materie auf die Geschwindigkeit des Lichtes und aus den orientirten optischen Eigenschaften der Krystalle schliesst er, dass die in verschiedenen Richtungen im Krystalle stattfindenden Aetherbewegungen verschiedene Grade des Widerstandes und der Verzögerung erleiden, etwa wie wenn eine Volksmasse sich durch einen, mit regelmässig auf parallelen Linien angeordneten Pfählen besetzten Raum hindurchdrängte, und daher die Bewegungen der Massen in einigen Richtungen weniger verhindert würden, als in anderen, und insbesondere, wenn die Pfähle nicht rund, aber alle von ähnlichem und gleich orientirtem Querschnitte wären. Es wird gezeigt, dass, wenn der Einfluss einer homogenen molekularen Structur auf das Licht von der Anordnung der molekularen Materie abhängt, eine durchschnittliche Wirkung stattfindet, d. h. die Geschwindigkeit eines Strahls nicht bloss von dem Widerstande der Aetherbewegung längs einer einzigen Richtung, welche in bestimmter Beziehung zur Polarisationsrichtung der Structur steht, sondern auch von den Widerständen abhängt, welche nach den anderen, innerhalb gewisser angulärer Grenzen geneigten Richtungen ausgeübt werden. Gelegentlich dieser Betrachtung leitet Barlow die Thatsache her, dass die Geschwindigkeitsfigur ein Ellipsoid sein muss, als das Resultat des Ausglättens oder des Durchschnittnehmens der eingeschrumpften Oberfläche, deren Radien der relativen Leichtigkeit der Aetherbewegung in verschiedenen Richtungen im Krystall entsprechen. Die relativen Stellungen der drei Axen des Ellipsoids werden von der Natur der Krystallstructur abhängen. Diese Richtungen werden nicht nothwendig Richtungen der maximalen oder minimalen Leichtigkeit der Aetherbewegung sein; auch kann man sie nicht aus den morphologischen Constanten herleiten, ohne die Grade des Widerstandes nach verschiedenen Richtungen zu kennen, mit Ausnahme der den höher symmetrischen Systemen angehörigen Fälle, in denen die Stellungen dieser Axen durch Symmetrieverhältnisse bestimmt werden.

Die Untersuchung der monoklinen Doppelsulfate liefert interessante Beweise dafür, dass Barlow's Idee richtig ist. Im Einklange mit der Schlussfolgerung, dass die chemischen Moleküle ihre Unabhängigkeit in der Krystallstructur behalten, kann jedes Molekül seine eigene Wirkung auf die optischen Eigenschaften ausüben. Da sich durchweg bei der ganzen Untersuchung ergab, dass das Alkalimetall von besonderer bestimmender Wichtigkeit auf die Eigenschaften der Krystalle ist, war es nur zu erwarten, dass die Ersetzung des Kalium durch Rubidium und des letzteren durch Cäsium in den Doppelsalzen eine ausgezeichnete modificirende Wirkung auf den Charakter des optischen Ellipsoids ausüben müsse. Es ist gezeigt worden, dass die beiden Atome des Alkalimetalls symmetrisch zur Symmetrieebene angeordnet sein müssen, und dass das M-Metall sehr wahrscheinlich eine mehr centrische Stellung, und zwar wohl in der Symmetrieebene selbst, besitze; wenn nun die beiden Moleküle des wasserfreien Sulfats, wie wir angenommen haben, unabhängig bleiben, so ist es offenbar äusserst unwahrscheinlich, dass das Alkalisulfatmolekül und die darin enthaltenen zwei Atome des Alkalimetalls symmetrisch zum Centrum des ganzen Systems angeordnet sein können, und daher würde eine Ersetzung des Alkalimetalls, aller Wahrscheinlichkeit nach, die Richtung der grössten Leichtigkeit der Aetherbewegung verändern, d. h. eine Drehung des optischen Ellipsoids hervorbringen. Dass hierin die Erklärung der Erscheinung liegt, wird von der Thatsache unterstützt, dass die Drehung viel grösser ist, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, als wenn Kalium mit Rubidium vertauscht wird, denn die hierbei eintretende Volumveränderung wurde als eine viel grössere nachgewiesen, und daher würde die Verzögerung und die daraus folgende Drehung der Richtung grösster Leichtigkeit der Lichtschwingungen vergleichsweise grösser werden.

Es ist interessant, zu bemerken, dass bei den Kalium- und Rubidiumsalzen die Richtung einer der Axen des Ellipsoids sehr nahe einer der Richtungen grösster Leichtigkeit der Aetherschwingungen ist, nämlich diejenige zwischen den Punktreihen (den Pfählen der Barlow'schen graphischen Erläuterung), welche parallel der geneigten morphologischen Axe a laufen. Die fragliche Axe des Ellipsoids ist bei den Kaliumsalzen gewöhnlich einige wenige Grade nach einer Seite von der Richtung dieser Punktreihen abgelenkt, sie ist häufig beinahe identisch damit bei den Rubidiumsalzen, und ist endlich immer um eine beträchtlich grössere Zahl von Graden nach der anderen Seite abgelenkt bei den Cäsiumsalzen; die Stellung für das Rubidiumsalz liegt also immer dazwischen und kommt am nächsten derjenigen für das Kaliumsalz.

Endlich ergab sich zu weiterer Bestätigung, dass der Sinn der Drehung des Ellipsoids, wenn ein Alkalimetall durch ein anderes ersetzt wird, identisch ist mit dem Drehungssinne derselben geneigten morphologischen Axe

a, und folglich mit derjenigen der ihr parallelen Punktreihen und mit dem dazwischen liegenden Wege grösster Leichtigkeit der Aetherschwingungen.

Also ist es klar, dass die einfache Schlussfolgerung, zu welcher diese Untersuchungen geführt haben, völlig geeignet ist, die gesammten, in den vorhergehenden Mittheilungen beschriebenen Phänomene zu erklären.

Die Hauptpunkte können, wie folgt, übersichtlich zusammengestellt werden.

1. Die Abwesenheit irgend einer wesentlichen Volumverminderung beim Eintritte des Alkalisulfats in das Doppelsulfat, gegenüber der relativ ungeheuren Zusammenziehung, welche bei der Verbindung der verschiedenen Atome zum chemischen Molekül des Alkalisulfats stattfindet, sowie die Thatsache, dass die Doppelsalze nur im starren krystallisirten Zustande bekannt, und dass manche Glieder der Reihe sehr unbeständig sind, machen es höchst unwahrscheinlich, dass es sich um eine chemische Verbindung zwischen den molekularen Bestandtheilen der Doppelsalze handelt, und zeigen vielmehr an, dass keine Nothwendigkeit vorliegt, Verbindung irgend einer Art vorauszusetzen, sondern nur Aggregation nach einem solchen Typus homogener Structur, dass dadurch das constante Verhältniss derselben bestimmt wird.

2. Für die Krystallbildung ist es nicht nothwendig, irgend eine andere Structureinheit anzunehmen, als das chemische Molekül der fraglichen chemischen Verbindung selbst, oder der constituirenden chemischen Moleküle im Falle von Doppelsalzen oder Salzen mit Krystallwasser; die beobachtete Thatsache der Constanz der molekularen Verhältnisse der beiden letzteren wird vollständig durch die Natur des Typus homogener Structur erklärt, in welcher sie ihr Gleichgewicht finden.

3. Die pedetische oder Brown'sche Bewegung kleiner Partikeln, die Capillarität, Convectionsströme oder irgend andere leicht erregende Kräfte, welche durch ihren Einfluss auf die chemischen Moleküle die Annahme dieses zur Bildung einer homogenen Structur nothwendigen Gleichgewichtszustandes befördern, werden die Krystallisation begünstigen. Die molekularen Kräfte, deren Wirkungssphäre sich, wie gezeigt worden, über nicht mehr als einige wenige molekulare Entfernungen erstreckt, bewirken nur die Erhaltung der allgemeinen Cohäsion.

4. Wenn man das chemische Molekül als Structureinheit betrachtet, wird im Allgemeinen eine solche Einheit nicht dieselbe Symmetrie wie der Krystall besitzen; ihre Symmetrie kann eine höhere, die gleiche oder eine niedrigere sein, je nach der Zusammensetzung des specifischen Moleküls. Dieses ist völlig in Uebereinstimmung mit der Verallgemeinerung von Barlow, betreffend die homogene Theilung des Raumes, und mit der Schlussfolgerung, welche Fock aus der Theorie starrer Lösungen ableitete.

5. Diese Schlussfolgerungen sind im vollkommenen Einklange mit den

beobachteten Veränderungen der topischen Axen der beiden untersuchten Salzreihen und mit deren Refractionsphänomenen. Die topischen Axen repräsentiren die relativen Entfernungen der Centren benachbarter Structureinheiten, d. i. der chemischen Moleküle, im Falle der einfachen Sulfate, und benachbarter Gruppen von Structureinheiten, wobei jede solche Gruppe der molekularen chemischen Formel entspricht, im Falle der Doppelsulfate.

6. Die Thatsache, dass der Mittelwerth der drei, den Axen des optischen Ellipsoides entsprechenden Refractionswerthe für jedes der einfachen Alkalisulfate identisch mit der von Gladstone bestimmten Refraction in wässeriger Lösung ist, deutet an, dass die Materie in einem Krystalle in Bezug auf Refraction dieselbe durchschnittliche Wirkung ausübt, als dieselbe Materie im unkrystallisirten Zustande, so dass, wenn man kleine Würfel aufs Gerathewohl aus einem Krystalle schneiden und in allen möglichen Orientirungen zu einem Aggregate vereinigen würde, das Resultat eine isotrope Substanz von gleicher Refraction wäre, als wenn man die Substanz in Wasser aufgelöst hätte. Dieses ist im vollkommenen Einklange mit der Voraussetzung, dass die mittlere Refraction des Krystalles von dem chemischen Molekül abhängt, und die orientirte Differentiation von der homogenen Structur.

7. Je heterogener die Zusammensetzung einer krystallisirten Substanz ist, um so niedriger ist im Allgemeinen ihr Symmetrietypus; denn die einfachen Alkalisulfate krystallisiren mit rhombischer Symmetrie, und die Doppelsulfate mit $6H_2O$ nur mit monokliner.

8. Die Natur der vorherrschenden Krystallflächen, d. h. die Ebenen der homogenen Structur, welche am dichtesten mit ähnlichen Punkten besetzt sind, sowie die Spaltungsrichtungen deuten übereinstimmend darauf hin, dass der Typus der homogenen Structur der einfachen Alkalisulfate derjenige des rechtwinkeligen pinakoidalen rhombischen Prismas ist, und derjenige der Doppelsulfate das primäre monokline Prisma, und zwar wahrscheinlich Typus 64a von Barlow. Der Ausdruck »Elementarparallelepiped« ist, als eine geometrische Fiction, nicht gebraucht worden.

9. Das Phänomen der Drehung des optischen Ellipsoids der Doppelsulfate bei der Veränderung des Atomgewichtes des Alkalimetalls wird vollkommen durch die Annahme der obigen einfachen Zusammensetzung für die Doppelsulfate erklärt, wenn man die Barlow'sche Ansicht hinzuzieht, dass die Orientirung des optischen Ellipsoids das Resultat des Durchschnittnehmens der orientirten Verzögerungen ist, welche die Lichtschwingungen durch die Anordnung der molekularen Materie erleiden, wenn sie die homogene Structur durchlaufen. Der grössere Betrag der Drehung, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, als wenn Kalium mit Rubidium vertauscht wird, ist also das unmittelbare Resultat der entsprechend grösseren Volumzunahme, welche, grösstentheils in einer besonderen Richtung stattfindend, beobachtet worden ist.

XI. Ueber die Beziehungen der regulären und halbregulären Polyëder der Geometrie zu krystallonomisch möglichen Gestalten.

Von

F. Herrmann in Aschaffenburg.

(Mit 3 Textfiguren.)

Die nachfolgenden Auseinandersetzungen sollen nichts anderes bedeuten, als eine Zusammenstellung von bekannten oder doch wenigstens leicht auf elementarem Wege ableitbaren Thatsachen.

Die Betrachtungsweise der körperlichen, durch ebene Flächen begrenzten Gebilde in der älteren Geometrie ist eine rein auf das Aeusserliche der Erscheinung gerichtete; sie ist grundverschieden von der Methode der neueren Geometrie oder der Krystallographie, die sich mehr mit den abstracten Eigenschaften dieser Gebilde beschäftigen, insbesondere mit der Erkenntniss der Symmetrieverhältnisse, welche mit Recht als das Wesentliche jeder Körperform anerkannt worden sind.

Bevor die neuere Naturforschung die physikalischen und geometrischen Gesetzmässigkeiten bei den von der Natur gebildeten Polyëdern, bei den Krystallen, kennen lehrte, wandte sich die Aufmerksamkeit der älteren Geometer hauptsächlich der Beschreibung der durch Regelmässigkeit ihrer äusseren Erscheinungen ausgezeichneten körperlichen Gebilde zu. Die bei diesen Untersuchungen aufgestellten Definitionen und Ableitungen müssen wohl vom modernen Standpunkte aus als veraltet bezeichnet werden, immerhin aber beanspruchen dieselben ein historisches Interesse, wie schon daraus hervorgeht, dass die Namen der hervorragendsten Geister mit der Erforschung regulärer Körper verknüpft sind. Die modernen Methoden der Krystallographie haben mit diesen älteren Anschauungen so gut wie keine Berührungspunkte, und nur in älteren Lehrbüchern wird an einzelnen Stellen der Beziehungen der regulären oder halbregulären Polyëder zu krystallonomisch möglichen Gestalten gedacht. Diese Beziehungen mögen im Folgenden im Zusammenhange erörtert werden.

I. Reguläre (Platonische) Polyëder.

Die regulären Polyëder müssen den sechs Bedingungen der Gleichheit und Regelmässigkeit der drei Gruppen ihrer Begrenzungselemente genügen. Sie besitzen gleiche und reguläre Flächen, gleiche und reguläre Ecken, Kanten von gleicher Länge und gleichem Winkelmaass. Die Scheitelpunkte derselben liegen auf einer umgeschriebenen Kugel, ihre Flächen berühren eine eingeschriebene Kugel.

Die Zahl der Polyëder, welche diesen Bedingungen entsprechen, deren Flächen einander nicht durchdringen und Polygone sind, deren Perimeter sich selbst nicht schneiden, beträgt bekanntlich nur fünf. Es sind diese das Tetraëder, das Oktaëder und das ihm polar zugeordnete Hexaëder, das Ikosaëder und das ihm polar zugeordnete Dodekaëder.

Die drei Polyëder, deren Flächen gleichseitige Dreiecke sind, stellen Prototype von drei verschiedenen Symmetrieklassen dar [1]).

Es sind gekennzeichnet:

a) das Tetraëder durch: vier dreizählige, drei zweizählige Symmetrieaxen, sechs Symmetrieebenen, Symmetriecentrum fehlend;

b) das Oktaëder durch: drei vierzählige, vier dreizählige, sechs zweizählige Symmetrieaxen, drei Symmetrieebenen normal zu den vierzähligen, sechs Symmetrieebenen normal zu den zweizähligen Symmetrieaxen, Symmetriecentrum vorhanden;

c) das Ikosaëder durch: sechs fünfzählige, zehn dreizählige, fünfzehn zweizählige Symmetrieaxen, fünfzehn Symmetrieebenen normal zu den zweizähligen Symmetrieaxen, Symmetriecentrum vorhanden.

Zu der unter a) verzeichneten Klasse gehören die Formen der geneigtflächigen Hemiëdrie, zu den unter b) verzeichneten die holoëdrischen Formen des regulären Krystallsystems. Die Idealgestalten der gleichnamigen Formen dieses Systems sind identisch mit dem Tetraëder, dem Oktaëder und dem, letzterem polar zugeordneten Hexaëder.

Das Ikosaëder und das ihm polar zugeordnete Dodekaëder gehören zu einer Abtheilung von Polyëdern, welche von Bravais mit einem unrichtig gebildeten Ausdrucke als decemternäre bezeichnet werden, d. h. sie sind durch zehn dreizählige Symmetrieaxen gekennzeichnet. Nach unserer Erfahrung bildet die Natur regelmässige Körper nur nach den einfachsten Verhältnissen, so dass Krystallgestalten, deren Symmetrie verwickeltere, auf die Zahl 5 gegründete Verhältnisse zeigt, nicht beobachtet worden sind.

---

1) Vergl. A. Bravais, Abhandlungen über symmetrische Polyëder, Ostwald's Klassiker der exacten Wissenschaften Nr. 17, herausgegeben von P. Groth und C. und E. Blasius, S. 17.

Das für dreiaxige Krystallgestalten gültige Erfahrungsgesetz der Rationalität der Indices kann folgerichtig nicht als Grund für die krystallonomische Unmöglichkeit von decemternären Formen herangezogen werden.

Die decemternären Polyëder bilden eine Klasse von Formen, bei denen die sechs fünfzähligen Symmetrieaxen als ausschlaggebend für die Parameter der Flächen betrachtet werden müssen. Es lässt sich von diesem Gesichtspunkte aus ein theoretisches System decemternärer Formen [1]) aufstellen, welches den vollkommensten Parallelismus mit dem regulären Krystallsysteme zeigt.

Nach Bravais [2]) besitzen die decemternären Polyëder mit Symmetriecentrum alle Elemente der Symmetrie, welche den Formen der parallelflächigen Hemiëdrie des regulären Systemes zukommen.

Wählt man drei beliebige, unter rechten Winkeln sich schneidende, zweizählige Symmetrieaxen des Dodekaëders [3]) zu krystallographischen Axen, so ist die Stellung desselben analog mit den parallelflächig hemiëdrischen Pentagondodekaëdern. Auf diese Axen bezogen sind alsdann die drei Parameter der Flächen 1, $\frac{1}{2}(\sqrt{5}+1)$, ∞. Durch die Irrationalität der Parameterverhältnisse wird nur dargethan, dass das Dodekaëder als Form eines auf drei rechtwinklige Axen bezogenen Systemes krystallonomisch nicht möglich ist. In Wirklichkeit sind seine Symmetrieverhältnisse viel höhere, als solchen Formen zukommen.

Das Ikosaëder kann bei Annahme derselben drei Axen überhaupt nicht auf eine einfache Form des regulären Krystallsystemes bezogen werden. Bei der gewählten Aufstellung erinnert die räumliche Vertheilung der Flächen des Ikosaëders an diejenige einer parallelflächig hemiëdrischen Combination, nämlich der des Pentagondodekaëders $\frac{\infty O 2}{2}$ mit dem Oktaëder, und zwar in derjenigen Phase, in welcher die ursprünglichen Kanten des Oktaëders gerade zum Verschwinden gekommen sind. Diese Combination, welche am Eisenkies beobachtet worden ist, darf wohl den zahlreich bekannt gewordenen Beispielen mimetischer Krystalle zugezählt werden, welche die Erscheinung von Formen, die höhere Symmetrie besitzen als sie selbst, nachahmen.

---

1) Dieses System ist ausführlich behandelt in dem bedeutsamen Werke von Edmund Hess, Einleitung in die Lehre von der Kugeltheilung etc. Leipzig 1883, und wird daselbst als das »ikosaëdrische« bezeichnet.

2) a. a. O. S. 46. Nach E. v. Fedorow gehen die parallelflächig hemiëdrischen Formen des regulären Systemes auch durch Pemptoëdrie aus denen des decemternären Systemes hervor.

3) Mit »Dodekaëder« schlechthin soll stets das reguläre Pentagondodekaëder bezeichnet werden.

Der vorliegende Fall ist deshalb von besonderem Interesse, weil nachgeahmte Gestalt krystallonomisch nicht möglich ist.

Die Zahl der von der alten Geometrie uns überlieferten regulären Pëder wurde in neuerer Zeit um vier vermehrt. Es sind diese Formen beiden von Kepler 1619 zuerst beschriebenen, sternflächigen regulä Polyëder und die denselben polar zugeordneten sterneckigen Polyë welche von Poinsot 1809 entdeckt sind. Diese sind Polyëder höh Ordnung, da die Summe der Projectionen ihrer Flächen auf die umgeschi bene Kugel grösser ist, als die Kugeloberfläche und zwar ein Vielfac derselben, durch welches die Ordnungszahl des betreffenden Polyëd bestimmt ist.

Dass diese vier Polyëder die einzig möglichen regulären Polyëder hö rer Ordnung sind, davon ist der Beweis von Chr. Wiener[1]) nach d Vorgange von Cauchy und Bertrand in ebenso einfacher als klarer W geliefert worden.

E. v. Fedorow[2]) zählt den regulären Polyëdern höherer Ordnung a noch das Oktaëder zweiter Ordnung zu. Es sei dies deshalb erwähnt, w das genannte Polyëder nicht nur eine krystallonomisch mögliche Gestalt sondern sogar mit einer in der Natur vorkommenden Krystallform ide ficirt werden kann. Das Oktaëder zweiter Ordnung stellt nämlich den zwei Tetraëdern bestehenden, zu den Hexaëderflächen symmetrischen Dur kreuzungszwilling dar, wie er am Fahlerz beobachtet worden ist, selb verständlich nur dann, wenn die beiden Tetraëder von gleicher Grösse si Die acht Scheitelpunkte dieser Form fallen mit denen des umgeschriebe

---

1) Ueber Vielecke und Vielflache, Leipzig 1864, S. 20—28; vergl. auch Hess O. S. 424—440.

2) Diese Zeitschr. 21, 694. Gegen die von v. Fedorow geäusserte Ansicht mö indessen folgende Einwände geltend gemacht werden. Die Polyëder von Kepler Poinsot sind durch ihre Flächen wirklich geschlossene Formen. Nach Wiener (a O. S. 29) wird bei den regulären Polyëdern höherer Ordnung vorausgesetzt, dass i Flächen und ihre Ecken nicht gleichzeitig erster Art sind. Sind sowohl die Flächen, die Ecken erster Art, so bilden die betreffenden Polyëder höherer Ordnung nur n glei zur Deckung in einander gestellte Polyëder erster Ordnung, und es ist n die Ordnun zahl dieser zusammengesetzten Polyëder. Zu derartigen Gebilden gehört aber das O ëder zweiter Ordnung von v. Fedorow. Die von Demselben hervorgehobene Ueber stimmung der Anzahl regulärer Polyëder erster und derjenigen höherer Ordnung, w man den letzteren das Oktaëder zweiter Ordnung beigesellt, ist etwas ganz Unwese liches, da durchaus nicht jedes Polyëder erster Ordnung zu einem solchen höh Ordnung in analoge Beziehungen gebracht werden kann. Endlich würden alsdann n andere Polyëder, welche mittelst Durchkreuzung von regulären Polyëdern erster O nung zu Stande kommen, den regulären Polyëdern höherer Ordnung zuzuzählen s so z. B. die Durchkreuzung von fünf Hexaëdern und diejenige von zehn Tetraëdern, de Scheitelpunkte mit denen des umgeschriebenen Dodekaëders zusammenfallen.

Hexaëders zusammen, und sie besitzt alle für die holoëdrische Reihe des regulären Systemes geltenden Symmetrieelemente.

II. Halbreguläre Polyëder.

Die halbregulären Polyëder[1]) müssen wenigstens der Hälfte von den oben erwähnten sechs Bedingungen der Gleichheit und Regelmässigkeit der drei Gruppen ihrer Begrenzungselemente genügen. Sie zerfallen in zwei Abtheilungen, die gleicheckigen halbregulären Polyëder, denen die gleichflächigen polar zugeordnet sind.

A. Das Rhombendodekaëder und das Rhombentriakontaëder.

Aus der Zahl der gleichflächigen halbregulären Polyëder seien zwei Formen vorangestellt, wegen der einfachen Beziehungen, in denen dieselben zu den regulären Polyëdern stehen. Werden an die Kanten der regulären Polyëder Flächen normal zu der Ebene, die durch die betreffende Kante und das Centrum der dem Polyëder umgeschriebenen Kugel bestimmt ist, gelegt, so schliessen diese Flächen neue Polyëder ein, deren Flächenzahl der Kantenzahl des betreffenden regulären Polyëders gleich ist. Hierbei liefert das Tetraëder das Hexaëder, das Oktaëder sowohl wie das Hexaëder dasselbe Rhombendodekaëder, das Ikosaëder sowohl wie das Dodekaëder dasselbe Rhombentriakontaëder.

Das Rhombendodekaëder wird von zwölf Rhomben umschlossen, deren Diagonalen das Längenverhältniss $1 : \sqrt{2}$ haben. Es besitzt 24 gleichwerthige Kanten von 120° Winkelmaass, 14 reguläre Ecken, von denen sechs tetragonal und acht trigonal sind. Das Rhombentriakontaëder wird von 30 Rhomben umschlossen, deren Diagonalen das Längenverhältniss $1 : \frac{1}{2}(\sqrt{5} + 1)$ haben. Es besitzt 60 gleichwerthige Kanten von 144° Winkelmaass und 32 reguläre Ecken, von denen 12 pentagonal, 20 trigonal sind. Diese beiden Polyëder erfüllen mithin vier von den oben angegebenen sechs Bedingungen der Gleichheit und Regelmässigkeit der drei Arten ihrer Begrenzungselemente. Dieselben sind dadurch ausgezeichnet, dass sie einzig in ihrer Art sind, und dass sie die dritten Grundformen einerseits des regulären Krystallsystems in seiner holoëdrischen Reihe, andererseits des Systemes decemternärer Polyëder darstellen.

---

1) Der Begriff der halbregulären Polyëder ist kein allgemein festgestellter, besonders seit neuere Betrachtungen gelehrt haben, gewisse Repräsentanten als Specialfälle innerhalb grösserer Gruppen von Polyëdern gleicher Symmetrie aufzufassen. Im Folgenden ist der Begriff der halbregulären Polyëder beschränkt auf die von E. Catalan: Mémoire sur la théorie des polyèdres, Journal de l'école polytechnique, Tome XXIV, S. 25 und 26, gegebene Definition unter Ausschluss derjenigen Formen, welche ihrer Symmetrieverhältnisse halber nicht wohl als halbregulär bezeichnet werden dürfen. Die letzteren sind am Ende dieser Abhandlung erwähnt.

B. Gleicheckige (Archimedeische) Polyëder.

Diese Polyëder [1]) werden von regulären Polygonen ungleicher umschlossen und besitzen gleiche [2]), jedoch nicht reguläre Ecken gleichlange Kanten von (im Allgemeinen) verschiedenartigem Win maass. Die sämmtlichen Scheitelpunkte eines solchen Polyëders lie auf einer umgeschriebenen Kugel, deren Mittelpunkt mit dem S metriecentrum, bezw. dem Centrum der Form des Polyëders zusamm fällt. Alle Scheitelpunkte, welche mit einer Ecke durch Kanten verbun sind, liegen auf einer Ebene [3]).

Die Archimedeischen Polyëder mit drei- oder vierflächigen Ec lassen sich bezüglich ihrer Symmetrieverhältnisse in drei Symmetriekla vertheilen, welche vollständig mit den bei den regulären Polyëdern f gestellten übereinstimmen. Diejenigen Formen, welche durch vier d zählige Symmetrieaxen gekennzeichnet sind, entsprechen den Symmet verhältnissen regulärer Krystallformen. Da diese Polyëder ungleichwertl Flächen besitzen, so können sie nicht einfachen Formen entsprechen, s dern müssen auf Combinationen bezogen werden. Es zeigt sich, dass d Combinationen nur solche der Grundformen der betreffenden Syst sind. Wie die im vorhergehenden Abschnitte behandelten regulären P ëder nur den gleichnamigen Idealformen entsprechen, so werden

---

1) Die von Archimedes entdeckten halbregulären Polyëder sind von Pap beschrieben worden. Kepler hat dieselben abgeleitet und abgebildet. Die Bezeich »Archimedeische Polyëder« dürfte nur in Bezug auf die hier erwähnten 13 Poly historisch berechtigt erscheinen. Diese Bezeichnung sollte in erweitertem Sinne ebe wenig angewendet werden, als es angemessen erscheinen würde, die regulären Poly von Kepler und Poinsot als »Platonische Polyëder« höherer Ordnung zu benen Die Archimedeischen Polyëder sind eingehend behandelt worden von Meier Hirs Samml. geometr. Aufgaben II, S. 139—196, Berlin 1807. Die halbregulären Polyë welche den Archimedeischen polar zugeordnet sind, finden sich zuerst in J. H. T. M ler's Trigonometrie 1852, S. 345 erwähnt. Die Ableitung der Archimedeischen Poly ist in sehr conciser Form gegeben in R. Baltzer's Elementen der Mathem. II, 241— Sämmtliche halbregulären Polyëder hat auf das Eingehendste abgeleitet und beschri E. Catalan in seiner oben erwähnten Abhandlung und zwar ohne Kenntniss de dahin auf diesem Gebiete geleisteten Arbeiten (vergl. a. a. O. Anmerk. 2 auf S. 25). genannten Arbeiten stehen nur auf dem Standpunkte der älteren Anschauungen, d die Symmetrieverhältnisse ausser Acht lassen. Vollkommen auf der Höhe der jet Erkenntniss steht jedoch das oben erwähnte Werk von Edmund Hess. Den Ansc ungen von Hess schliesst sich im Allgemeinen an E. von Fedorow in seinem in sischer Sprache geschriebenen Werke: Elemente der Gestaltenlehre, St. Petersburg von welchem ein Auszug in dieser Zeitschr. 21, 679—694 gegeben worden ist.

2) Die Ecken derjenigen Polyëder, deren Kugelschnitte symmetrische sphär Polygone bilden, sind gleich und ähnlich. Bei den Polyëdern Nr. 6 und Nr. 11 si zwei an derselben Kante gelegene Ecken enantiomorph (symmetrisch).

3) R. Baltzer, Elem. d. Math. II, S. 215; E. Catalan, a. a. O. S. 34.

unten angeführten Polyëder nur mit ganz bestimmten Phasen aus der unbegrenzten Anzahl von Erscheinungsformen, welche der einheitliche krystallonomische Begriff der betreffenden Combination darbietet, zu identificiren sein.

Es möge nunmehr die Zusammenstellung der elf hierher gehörigen Polyëder folgen. Zum Verständniss der Tabelle diene Folgendes. Die mit *F*, *E*, *K* bezeichneten Spalten enthalten der Reihe nach die Gesammtzahl der Flächen, Ecken und Kanten des betreffenden Polyëders. Die mit f_n bezeichneten Columnen enthalten die Anzahl der betreffenden regulären n-Ecke. Die römischen Ziffern der mit *e* bezeichneten Spalte geben die Art der Ecken an (dreiflächig oder vierflächig).

Für die quaterternären Polyëder ist die entsprechende Combination in der Naumann'schen Bezeichnungsweise angegeben, für die decemternären durch die Anfangsbuchstaben der drei Grundformen (Ikosaëder, Dodekaëder, Rhombentriakontaëder). Die den Polyëdern entsprechende Phase der quaterternären Combinationen ist charakterisirt durch die Angabe des Verhältnisses der Centronormalen der Flächen zum Radius der umgeschriebenen Kugel, wobei für die holoëdrischen Combinationen die erste Zahl für die Flächen des Hexaëders, die zweite für die des Oktaëders,

Nr.	*F*	*E*	*K*	f_3	f_4	f_5	f_6	f_8	f_{10}	*e*	Symmetr.		Combination	Phase
1	8	12	18	4	—	—	4	—	—	III	o.S.C.		$\frac{O}{2} \cdot -\frac{O}{2}$	$\frac{3}{\sqrt{33}}, \frac{5}{\sqrt{33}}$
2	14	12	24	8	6	—	—	—	—	IV	mit Symmetriecentrum	quaterternär	$\infty O \infty . O$	$\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{3}}$
3	14	24	36	—	6	—	8	—	—	III			$O . \infty O \infty$	$\sqrt{\frac{4}{5}}, \sqrt{\frac{3}{5}}$
4	14	24	36	8	—	—	—	6	—	III			$\infty O \infty . O$	$\sqrt{\frac{5+2\sqrt{2}}{17}}, \sqrt{\frac{23+16\sqrt{2}}{51}}$
5	26	24	48	8	18	—	—	—	—	IV			$\infty O \infty . O . \infty O$	$\sqrt{\frac{7+4\sqrt{2}}{17}}, \sqrt{\frac{31+8\sqrt{2}}{51}}, \sqrt{\frac{7+4\sqrt{2}}{17}}$
6	26	48	72	—	12	—	8	6	—	III			$\infty O \infty . O . \infty O$	$\sqrt{\frac{66-2\sqrt{2}}{97}}, \sqrt{\frac{45+24\sqrt{2}}{97}}, \sqrt{\frac{71+12\sqrt{2}}{97}}$
7	32	30	60	20	—	12	—	—	—	IV		decemternär	D.I	
8	32	60	90	—	—	12	20	—	—	III			I.D	
9	32	60	90	20	—	—	—	—	12	III			D.I	
10	62	60	120	20	30	12	—	—	—	IV			D.I.R	
11	62	120	180	—	30	—	20	—	12	III			D.I.R	

die dritte für die des Rhombendodekaëders gilt. Von der langwierigen Berechnung der Centronormalen für die Flächen der decemternären Polyëder, die zudem weitschweifige algebraische Ausdrücke darstellen, ist abgesehen worden.

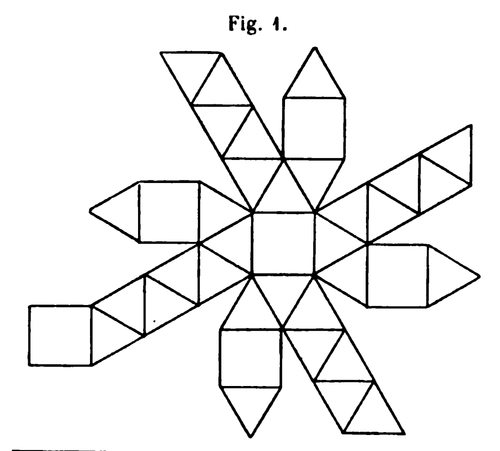
(Siehe Tabelle auf S. 291.)

Unter den angeführten Polyëdern sind die mit Nr. 2 und Nr. 7 bezeichneten deshalb besonders hervorzuheben, weil ihre Kanten gleichwerthig sind, d. h. gleiches Winkelmaass besitzen. Das eine derselben (Nr. 2) ist identisch mit der Combination des Hexaëders und Oktaëders, bei welcher die ursprünglichen Kanten der beiden Grundformen gerade zum Verschwinden gekommen sind. Dies ist der sogenannte Mittelkrystall, eine am Bleiglanz nicht selten beobachtete Form. Das dem Mittelkrystall polar zugeordnete Polyëder ist das Rhombendodekaëder. In entsprechender Weise stellt das Polyëder Nr. 7 diejenige Phase der Combination des Ikosaëders und Dodekaëders dar, bei welcher ebenfalls die ursprünglichen Kanten der Grundformen verschwunden sind. Das demselben polar zugeordnete Polyëder ist das Rhombentriakontaëder. Es sei bemerkt, dass die dem Polyëder Nr. 6 entsprechende Phase der dreizähligen Combination $O.\infty O\infty.\infty O$ am Bleiglanz vorkommt.

Am meisten Interesse gewährt die Betrachtung der beiden noch übrigen Archimedeischen Polyëder mit fünfflächigen Ecken. Dieselben seien zunächst bezüglich der Zahl und Art ihrer Begrenzungselemente in der Weise der vorhergehenden Tabelle angeführt:

Nr.	*F*	*E*	*K*	f_3	f_4	f_5	*e*	
12	38	24	60	32	6	—	V	quaterternär
13	92	60	150	80	—	12	V	decemternär

Fig. 1.



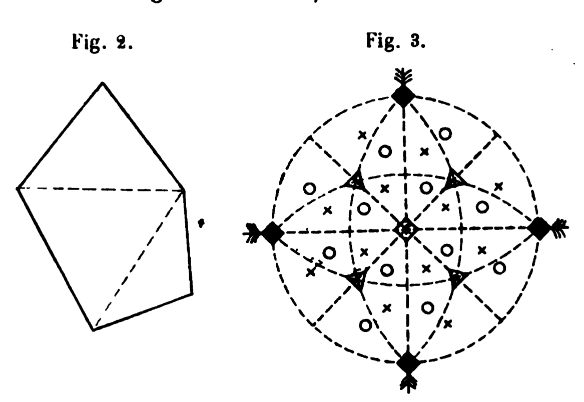
Schon eine oberflächliche Betrachtung der Modelle lehrt, dass diese beiden Polyëder keine Symmetrieebene und kein Symmetriecentrum besitzen[1]. Dagegen kommen beiden die gleichen Symmetrieaxen zu wie den holoëdrischen Formen des regulären Systems, beziehungsweise denen des decemternären Systems mit Symmetriecentrum.

Fig. 1 stellt das ebene Netz des Modelles des Polyëders Nr. 12

1) Die eigenartigen Symmetrieverhältnisse dieser Polyëder werden von den älteren Autoren Meier Hirsch und E. Catalan (im Jahre 1865!) nicht erwähnt. Hess, a.

dar. Polyëder ohne Symmetrieebene treten in zwei nicht zur Deckung zu bringenden enantiomorphen Formen auf. Der zu dem eben erwähnten Modell gehörige Gegenkörper wird erhalten, wenn man die Rückseite des Netzes zur Aussenseite des zu construirenden Modelles verwendet. Die quadratischen Flächen entsprechen dem Hexaëder; diejenigen gleichseitigen Dreiecke, welche mit einer Hexaëderfläche eine Kante nicht gemein haben, dem Oktaëder. Blickt man auf die Ecke einer Fläche des Hexaëders in der Richtung ihrer Diagonale, so liegt bei dem einen Modell eine Oktaëderfläche rechts, bei dem enantiomorphen links von der abwärts führenden Kante.

Die im Modell als reguläre Dreiecke erscheinenden Flächen, welche je eine Kante mit einer Hexaëderfläche gemein haben, umschliessen für sich einen 24-Flächner, dessen gleiche Flächen unsymmetrische Fünfecke sind, welche zwei Paare von gleichen Seiten besitzen. Das in Fig. 2 von der ungleichen Seite und den schraffirten Linien eingeschlossene reguläre Dreieck ist der Theil der Fünfecksfläche, welcher in dem Modell allein zur Erscheinung kommt.


Fig. 2. Fig. 3.

Die räumliche Vertheilung der Flächen des Polyëders Nr. 12 wird durch die stereographische Projection Fig. 3 veranschaulicht[1]).

Hiernach erscheint das Polyëder als eine dreizählige Combination des regulären Systemes, welche der Klasse der alternirenden oder plagiëdrischen Hemiëdrie angehört. Die dasselbe zusammensetzenden einfachen Formen sind das Hexaëder, das Oktaëder und ein unsymmetrisches Pentagonikositetraëder. Die goniometrischen Constanten der Kantenwinkel des Polyëders lassen sich durch algebraische Ausdrücke wiedergeben. Es ist bei der Berechnung die Auflösung einer reductibelen Gleichung dritten

a. O. S. 182 u. 193, bezeichnet das Fehlen der Symmetrieebenen als Kennzeichen der ganzen Gruppen von Polyëdern, von denen die beiden angeführten nur Specialfälle darstellen.

1) Vergl. Axel Gadolin, Herleitung aller krystallographischen Systeme etc. Ostwald's Klassiker der exacten Wissenschaften Nr. 75, herausgegeben von P. Groth, Fig. 27. In unserer Figur sind nur die Berührungspunkte der wirklich vorhandenen Flächen des Polyëders durch Schemata bezeichnet, so dass die Endpunkte der Deckaxen von 180° (zweizähligen Symmetrieaxen) ohne Abzeichen geblieben sind.

Grades erforderlich, und die Formeln werden so verwickelt, dass an dieser Stelle von deren Wiedergabe Abstand genommen ist. Wegen der Irrationalität der Parameterverhältnisse des in Betracht kommenden Pentagonikositetraëders ist das Polyëder als krystallonomische Form nicht möglich.

Die enantiomorphen Polyëder Nr. 13 zeigen den vollkommensten Parallelismus zu den eben beschriebenen. Sie erscheinen als dreizählige Combinationen des decemternären Systems und werden zusammengesetzt aus den Flächen des Dodekaëders, des Ikosaëders und eines unsymmetrischen Hexekontaëders, welches von unsymmetrischen Pentagonen, die zwei Paare von gleichen Seiten besitzen, eingeschlossen wird. Dieses Pentagonhexekontaëder ist die Hälfteform eines 120-Flächners nach den abwechselnden Flächen und stellt ein Beispiel der einzigen Art von hemiëdrischen Formen dar, welche in dem System der decemternären Polyëder möglich ist.

Es ist bemerkenswerth, dass Polyëder, denen die für die Beurtheilung durch den Augenschein wesentlichsten Elemente der Symmetrie, die Symmetrieebenen, fehlen, einen so hohen Grad von Regelmässigkeit ihrer Begrenzungselemente aufzuweisen vermögen, wie dies bei den soeben besprochenen Formen der Fall ist.

C. Gleichflächige halbreguläre Polyëder.

Die den Archimedeischen polar zugeordneten gleichflächigen Polyëder besitzen gleiche, jedoch nicht reguläre Flächen, ungleichartige, jedoch reguläre Ecken und (im Allgemeinen) ungleichlange Kanten von gleichem Winkelmaass. Ihre Flächen berühren eine eingeschriebene Kugel. Obwohl diese Polyëder den Archimedeischen durchaus entsprechende Symmetrieverhältnisse aufweisen und die analoge Gleichheit und Regelmässigkeit ihrer Begrenzungselemente besitzen, haben sie doch die gleiche Beachtung nicht gefunden, allerdings mit Ausnahme der unter A) vorangestellten beiden Polyëder mit gleich langen Kanten. Der Grund hiervon ist wohl nur in Aeusserlichkeiten zu suchen. Die Gleichheit ihrer nicht regulären Flächen macht weniger den Eindruck der Regelmässigkeit, als das Vorhandensein von regulären Polygonen, auch wenn diese verschiedener Art sind; die Regelmässigkeit der verschiedenartigen Ecken fällt umgekehrt weniger in die Augen als deren durchgehende Gleichheit; vor allen Dingen aber erweckt die ungleiche Länge der Kanten einen Anschein von Unregelmässigkeit, der durch die Gleichheit der Kantenwinkel, welche gewissermassen eine latente oder interne Eigenschaft ist, nicht aufgehoben wird.

Da die Polyëder dieser Abtheilung gleichwerthige Flächen besitzen, so entsprechen sie den Idealgestalten einfacher Formen des regulären Krystallsystemes, beziehungsweise des Systemes der Polyëder von decem-

ternärer Symmetrie. Aus der bekannten Anzahl der Flächen und der bekannten Natur der regulären Ecken lässt sich leicht der Charakter der betreffenden einfachen Formen feststellen. Nach der Definition besitzen diese Polyëder Kanten von durchgängig gleichem Winkelmaass. Aus den bekannten Gleichungen für den Cosinus der Kantenwinkel, durch welche die Beziehungen der Parameter der Flächen zu dieser Function ausgedrückt sind, können durch Gleichsetzung der Werthe des Cosinus für die Formen von quaterternärer Symmetrie die Parameter derselben leicht berechnet werden. Die Resultate dieser Rechnung sind in der folgenden Zusammenstellung angegeben, zu deren Verständniss noch erwähnt sein möge, dass die mit e_n überschriebenen Spalten die Anzahl der regulären n-flächigen Ecken enthalten, die römischen Ziffern der Spalte f die Anzahl der Ecken der das Polyëder einschliessenden Flächen angeben. Die Abkürzung o. S. C. und o. S. E. bedeuten »ohne Symmetriecentrum« bez. »ohne Symmetrieebene«.

Nr.	F	E	K	e_3	e_4	e_5	e_6	e_8	e_{10}	f	Symmetr.		Name	Zeichen
I	12	8	18	4	—	—	4	—	—	III	o. S. C.	quaterternär	Triakistetraëder	$\frac{3O3}{2}$
II	12	14	24	8	6	—	—	—	—	IV	mit Symmetriecentrum	quaterternär	Rhombendodekaëder	∞O
III	24	14	36	—	6	—	8	—	—	III	mit Symmetriecentrum	quaterternär	Tetrakishexaëder	$\infty O2$
IV	24	14	36	8	—	—	—	6	—	III	mit Symmetriecentrum	quaterternär	Triakisoktaëder	$(\sqrt{2}+1)O$
V	24	26	48	8	18	—	—	—	—	IV	mit Symmetriecentrum	quaterternär	Ikositetraëder	$(\sqrt{2}+1)O(\sqrt{2}+1)$
VI	48	26	72	—	12	—	8	6	—	III	mit Symmetriecentrum	quaterternär	Hexakisoktaëder	$(2\sqrt{2}+1)O(3-\sqrt{2})$
VII	30	32	60	20	—	12	—	—	—	IV	mit Symmetriecentrum	decemternär	Rhombentriakontaëder	
VIII	60	32	90	—	—	12	20	—	—	III	mit Symmetriecentrum	decemternär	Pentakisdodekaëder	
IX	60	32	90	20	—	—	—	—	12	III	mit Symmetriecentrum	decemternär	Triakisikosaëder	
X	60	62	120	20	30	12	—	—	—	IV	mit Symmetriecentrum	decemternär	Hexekontaëder	
XI	120	62	180	—	30	—	20	—	12	III	mit Symmetriecentrum	decemternär	Hexakisikosaëder	
XII	24	38	60	32	6	—	—	—	—	V	o. S. E.	quat.	Pentagonikositetraëder	
XIII	60	92	150	80	—	12	—	—	—	V	o. S. E.	decemt.	Pentagonhexekontaëder	

Aus den Werthen für die Parameter ist ersichtlich, dass nach dem Gesetz der Rationalität der Indices nur die Polyëder Nr. I, II und III krystallonomisch möglichen Formen entsprechen können.

Während die Modelle der Archimedeischen Polyëder ohne Schwierigkeiten construirt werden können, müssen für den gedachten Zweck für die gleichflächigen halbregulären Polyëder erst die Begrenzungsflächen derselben berechnet werden. Dies ist unter Zugrundelegung der Parameterverhältnisse, die ja auch nur für die Formen von quaterternärer Symmetrie bestimmt sind, nur auf mühsamen Umwegen möglich.

Durch die folgende Ueberlegung wird die Lösung dieses Problemes erleichtert. Die den Kugelschnitten der Ecken eines Archimedeischen Polyëders polar zugeordneten sphärischen Polygone bestimmen die Natur der Begrenzungsflächen des polar zugeordneten Polyëders. Wird der Kugelschnitt der Ecke des Archimedeischen Polyëders mit einem Radius von der Kantenlänge des Polyëders ausgeführt, so fallen die Eckpunkte des sphärischen Polygons mit den Eckpunkten des Polyëders zusammen, die mit der betreffenden Ecke durch Kanten verbunden sind. Diese Eckpunkte liegen aber, wie oben erwähnt, auf einer Ebene und bestimmen ein planes Polygon, welches demnach einem Kreise eingeschrieben ist. Werden durch die Eckpunkte dieses ebenen Polygons Tangenten an den umgeschriebenen Kreis gelegt, so bilden deren Schnittpunkte die Ecken eines neuen Polygons, welches die Begrenzungsfläche des dem Archimedeischen polar zugeordneten Polyëders darstellt. Diese Construction ist für jeden Fall leicht auszuführen; die Berechnung sei beschränkt auf die krystallonomisch möglichen Gestalten. Die folgende Zusammenstellung giebt die Art der Begrenzungsflächen der Polyëder dieser Abtheilung an:

Nr. I. Gleichschenkl. Dreieck. Basis: Schenkel = 5 : 3.
- II. Rhombus. Verhältn. d. Diagonalen = $1 : \sqrt{2}$.
- III. Gleichschenkl. Dreieck. Basis: Schenkel = 4 : 3.
- IV. Gleichschenkl. Dreieck.
- V. Deltoid mit drei gleichen Winkeln.
- VI. Ungleichseit. Dreieck.
- VII. Rhombus. Verhältn. d. Diagonalen = $1 : \frac{1}{2}(\sqrt{5} + 1)$.
- VIII. Gleichschenkl. Dreieck.
- IX. Gleichschenkl. Dreieck.
- X. Deltoid (mit drei gleichen Winkeln).
- XI. Ungleichseit. Dreieck.
- XII. Symmetr. Fünfeck mit zwei und drei gleichen Seiten und vier gleichen Winkeln.
- XIII. Symmetr. Fünfeck mit zwei und drei gleichen Seiten und vier gleichen Winkeln.

III. Polyëder, welche unter die Definition der halbregulären fallen, jedoch nicht als solche anerkannt werden können.

Von der Definition, welche von den Eigenschaften der halbregulären Polyëder gegeben worden ist, wird noch eine unbegrenzte Anzahl von Formen eingeschlossen, welche indessen wegen ihrer Symmetrieverhältnisse nicht als halbregulär bezeichnet werden dürfen. Dieselben mögen hier noch kurz erwähnt werden. Es ist überaus leicht, sich dieselben anschaulich zu machen. Sie besitzen sämmtlich eine Hauptsymmetrieaxe

und zerfallen in zwei Gruppen, denen zwei entsprechende polar zugeordnet sind. Die erste derselben wird gebildet durch zwei parallele, reguläre n-Ecke, welche symmetrisch zu der als Hauptsymmetrieebene geltenden Medianebene liegen. Seitlich werden dieselben begrenzt durch n Quadrate, deren Seitenlänge der des regulären n-Ecks gleich ist. Diese Polyëder stellen die unbegrenzte Reihe der aufrechten Prismen mit regulärer Basisfläche dar, mit der Einschränkung, dass sie der Phase entsprechen, deren Höhe gleich der Länge der Basiskante ist. Die Grenzform dieser Reihe ist ein Rotationscylinder von verschwindender Höhe, also der mit der Hauptsymmetrieebene zusammenfallende Hauptkreis der umgeschriebenen Kugel. Die Hauptaxe dieser Polyëder ist eine n-zählige Symmetrieaxe (Bravais) oder eine Deckaxe, deren kleinster Deckwinkel $\frac{360^0}{n}$ beträgt (Gadolin). Wie Gadolin[1] bewiesen hat, ist ein Polyëder nur dann eine krystallonomisch mögliche Gestalt, wenn der Cosinus dieses Deckwinkels einen rationalen Werth besitzt, was nur bei den Deckwinkeln von 180⁰, 120⁰, 90⁰ und 60⁰ der Fall ist. Da die Werthe von 180⁰ und 90⁰ (die Basisfläche darf nach der Definition ein Quadrat nicht sein) ausgeschlossen sind, so bleiben nur die Werthe von 120⁰ und 60⁰ übrig, welche dem trigonalen und hexagonalen Prisma entsprechen. Aus der ganzen Reihe der besprochenen Polyëder sind also nur die beiden eben erwähnten mit der obigen Einschränkung krystallonomisch mögliche Gestalten.

Die der beschriebenen Prismenreihe polar zugeordneten Polyëder bilden die unbegrenzte Reihe der symmetrischen Pyramiden (im krystallonomischen Sinne des Wortes) mit regulärer Basis, bei denen das Winkelmaass der Polkanten dem der Basiskanten gleich ist. Die Grenzform dieser Reihe ist der der eingeschriebenen Kugel umgeschriebene Cylinder. Als krystallonomisch mögliche Gestalten kommen aus dem oben angeführten Grunde nur die trigonale und die hexagonale Pyramide in Betracht, welche der Bedingung der Gleichheit der Basis- und Polkantenwinkel entsprechen.

Die zweite der hierher gehörigen Gruppe von Polyëdern wird eingeschlossen von zwei regulären n-Ecken und $2n$ gleichseitigen Dreiecken. Die beiden regulären n-Ecke sind einander parallel, jedoch nicht symmetrisch zur Medianebene gelegen, sondern das eine erscheint gegen das andere um die ihre Mittelpunkte verbindende normale Hauptsymmetrieaxe um die Hälfte des Centriwinkels des regulären Polygons, also um $\frac{180^0}{n}$, gedreht. Der Durchschnitt der Medianebene mit den im Zickzack auf- und absteigenden Mittelkanten, deren Länge einer Seite des n-Ecks gleich-

1) a. a. O. S. 9.

kommt, ist ein reguläres $2n$-Eck. Die Grenzform dieser Polyëderreihe ein Rotationscylinder von verschwindender Höhe, also der mit der Media ebene zusammenfallende Hauptkreis der umgeschriebenen Kugel.

Die dieser Reihe polar zugeordneten Polyëder werden umschlossen v $2n$ gleichen Flächen von Deltoidform. Ihre gleichlangen Mittelkanten st gen im Zickzack auf und ab. Die auf der Hauptsymmetrieaxe norr stehende Medianebene schneidet die Mittelkanten in einem regulären Po gon von $2n$ Ecken. Das Winkelmaass der Mittelkanten ist dem der Polkan gleich. Die Grenzform der Reihe ist der der eingeschriebenen Kugel u geschriebene Cylinder. Es bedarf keiner weiteren Auseinandersetzun dass aus den zuletzt beschriebenen Reihen von gleicheckigen sowohl a von gleichflächigen Polyëdern kein Glied einer krystallonomisch möglich Gestalt entsprechen kann.

XII. Beitrag zur krystallographischen Kenntniss des Bournonit nebst einem Anhange: Wärmeleitung des Antimonit und Bournonit.

Von

F. B. Peck in München.

(Mit Tafel II u. 1 Textfigur.)

Bekanntlich hat Miers[1]) die Isodimorphie der normalen Sulfarsenite und Sulfantimonite von der Formel AsS_3Ag_3 und SbS_3Ag_3 nachgewiesen, nachdem vorausgehend Luedecke[2]) die monokline Natur der Feuerblende festgestellt hatte. Die beiden zu dieser Gruppe gehörigen monoklinen Substanzen haben die folgenden Elemente:

Xanthokon $a : b : c = 1,9187 : 1 : 1,0152$; $\beta = 88^0 47'$
Feuerblende $a : b : c = 1,9465 : 1 : 1,0973$; $\beta = 90 \quad 0$

Da nun Bournonit ebenfalls die Zusammensetzung eines normalen sulfantimonigsauren Salzes besitzt, wie die Feuerblende, nur dass in demselben das Ag theilweise durch Pb, theilweise durch Cu vertreten ist, so liegt es nahe, zu vermuthen, dass zwischen der Krystallform beider gewisse Beziehungen existiren.

Betrachtet man die obigen Elemente, so sieht man, dass die Krystallformen der betreffenden Mineralien dem rhombischen System ausserordentlich nahe stehen (bei der Feuerblende ist die Axenschiefe so gering, dass sie nicht bestimmt werden kann), und das Axenverhältniss sehr nahe $= 2 : 1 : 1$ ist, während in dem Axenverhältnisse des Bournonit, wie er gewöhnlich gestellt wird,

$$a : b : c = 0,9379 : 1 : 0,8968 \text{ ist.}$$

Nimmt man für die Feuerblende ein halb so grosses a, so erhalten wir:

$$a : b : c = 0,9732 : 1 : 1,0973.$$

---

1) Diese Zeitschr. **22**, 433.
2) Ebenda **6**, 572.

Nehmen wir ferner beim Bournonit das bisherige {001}(*c*) als {100} und das bisherige {010}(*b*) als {001}, so wird das Axenverhältniss:

$$a : b : c = 0,9561 : 1 : 1,0662,$$

wodurch die Aehnlichkeit der beiden Mineralien in ihren Axenverhältnissen klar hervortritt.

Die oben hervorgehobene chemische und krystallographische Verwandtschaft des Bournonit mit den monoklinen Gliedern dieser Gruppe legte die Möglichkeit nahe, dass derselbe ebenfalls monoklin sei.

Um in dieser Frage Klarheit zu schaffen, wurde eine erneute sorgfältige Untersuchung des Bournonit unternommen. Es dienten hierzu 46 isolirte Krystalle, welche zum grössten Theile gut messbar waren. 32 wurden vollständig durchgemessen, nämlich:

9 von Příbram,
3 - Silberwiese bei Ems,
2 - Horhausen,
1 - Offenbanya,
10 - Nagyag,
7 - Kapnik.

Diese Krystalle befinden sich theils in der mineralogischen Sammlung in München, theils stammten sie aus den Sammlungen in Wien, Prag und Příbram, welche zu benutzen mir ebenfalls gestattet wurde.

Wählen wir die vorhin erwähnte Stellung, so müsste im Falle des monoklinen Systems der Winkel $c : b$ eine Abweichung von 90° zeigen und die bisher als {011} betrachtete Form n in zwei ungleichwerthige Flächenpaare zerfallen. Da die vorherrschende Fläche c stets uneben ausgebildet ist, kann die Frage nur entschieden werden durch den Nachweis constanter, wenn auch kleiner Unterschiede in der Zone [$c n b n' c$] zwischen den Winkeln $n : b$ und $n' : b$.

Nach sorgfältigen Messungen dieser Winkel gewinnt man die Ueberzeugung, dass zwar Differenzen von beträchtlicher Grösse auftreten, in denselben sich jedoch keinerlei Regelmässigkeit erkennen lässt. In Nachstehendem sind die Messungen an zehn der besten Krystalle aufgeführt:

				$n : b$	$n' : b$
Krystall	Nr.	1	Příbram	48° 3′	48° 7′
-	-	3	-	48 10	48 5
-	-	5	-	48 0	48 3
-	-	7	-	48 4	48 9
-	-	1	Silberwiese	48 4	48 7
-	-	2	-	48 6	48 21
-	-	1	Nagyag	48 9	48 3
-	-	3	-	48 5	48 7

	$n:b$	$n':b$
Krystall Nr. 7 Nagyag	48° 7'	48° 8'
	48 1	48 3
- - 8 -	48 3	48 18
	48 12	48 13

Diese Messungen zeigen Unterschiede von 0° 1' bis 0° 15' zwischen den entsprechenden Winkeln, während die Abweichungen von dem für das rhombische System berechneten Werthe 48° 7' sich zwischen 0° 0' und 0° 14' bewegen; jedoch giebt sich, wie schon erwähnt, keinerlei Gleichmässigkeit zu erkennen. In einigen Fällen sind beide Winkel grösser, in anderen kleiner und in wieder anderen ist der eine grösser, der andere kleiner als der theoretische Werth. In zwei Fällen (Silberwiese Krystall 2, Nagyag Krystall 8) ist die Abweichung einer einzelnen Fläche eine beträchtliche, in anderen Fällen (Nagyag Krystall 7 und 8, Přibram Krystall 5) sind die Schwankungen des Winkelwerthes beider Flächen mit b beträchtlicher, was auf eine Variation der Krystallelemente hinzuweisen scheint[1]). Was die in dieser Zone auftretenden Flächen anbetrifft, so erscheint gewöhnlich nur die Form n. Wo noch andere Formen in dieser Zone erscheinen (siehe Fig. 6), z. B. k, in der gewöhnlichen Stellung {013}, oder Σ, früher {031}, ist die Ausbildung vorn und hinten dieselbe und ergiebt sich auch die gleiche Uebereinstimmung der Winkel zu beiden Seiten von b, z. B. an Krystall 2 von Silberwiese $k:b = 73° 23'$, $k':b = 73° 27'$, $\Sigma:b = 20° 29'$, $\Sigma':b = 20° 27'$.

Soweit die Messungen und die Flächenvertheilung eine Bestimmung gestatten, herrscht also in der betrachteten Zone rhombische Symmetrie. Gewisse Unregelmässigkeiten im Auftreten der Flächen in der bisherigen Prismenzone [$m.m$] dagegen führten zu der Ansicht, dass vielleicht bei Annahme der bisherigen Basis c, der gewöhnlich vorherrschenden Fläche, als einzigen Symmetrieebene {010}, eine monokline Symmetrie zu erkennen wäre. Alsdann müsste der Winkel der beiden Pinakoide a {100} und b {010} eine Abweichung von 90° zeigen. Ganz tadellos ausgebildet waren beide Flächen nur bei einem von den gemessenen Krystallen. Dieser ergab $a:b = 90° 1'$. Die Abweichung lag also innerhalb der Fehlergrenze. Ausserdem erwies sich der Winkel $a:b$ bei Messung in verschiedener Temperatur als constant. Die Messungen an dem eben erwähnten Krystalle, ausgeführt mit dem grossen Fuess'schen Goniometer Nr. 1 unter viermaligen Repetitionen, ergaben:

---

1) Zirkel, Sitzungsber. d. k. k. Akad. Wien **44**, 447—448. — Miers, Mineral. Magazine 1884, **6**, 65.

Temperatur.	$a(100):b(010)$.
22° C.	90° 1′ 23″
110	90 1 22
120	90 1 20
120	90 1 28
132	90 1 22
144	90 1 27
144	90 1 17
22	90 1 24
22	90 1 16

Bei der zuletzt erwähnten Aufstellung müssten in der Zone $[a m b m' a]$ constante, wenn auch kleine, Verschiedenheiten zwischen den Winkeln $m:b$ und $m':b$ vorhanden sein. An dem Krystall, welcher die beste Messung für $a:b$ gab, war nur eine m-Fläche ausgebildet. An allen anderen war die Fläche b nicht so vollkommen, um einen so kleinen Unterschied jener beiden Winkel sicher zu stellen. Wie folgende Zahlen erkennen lassen, zeigen daher die beiden Winkel erhebliche und ganz unregelmässige Schwankungen:

Příbram	Krystall	6	46° 59′	46° 45′
-	-	12	46 55	47 2
Silberwiese	Krystall	2	47 5	46 52
Offenbanya	Krystall	1	46 29	46 48
-	-		46 42	46 42
Nagyag	Krystall	1	46 56	46 49
-	-	3	46 51	46 47
-	-	4	46 56	46 57
-	-	5	46 44	46 47

Was nun die übrigen abgeleiteten Prismen f und e betrifft, so zeigt sich häufig eine Verschiedenheit zu beiden Seiten von b, doch liegt, wie weiterhin gezeigt werden soll, dieser unsymmetrischen Flächenvertheilung keinerlei Gesetzmässigkeit zu Grunde, und ebenso wenig konnte ein Unterschied beider Flächen m und m' in Bezug auf die Häufigkeit der nach ihnen stattfindenden Zwillingsbildung nachgewiesen werden. Endlich zeigt auch die Untersuchung der Wärmeleitung (siehe Anhang) vollständige rhombische Symmetrie auf der Fläche c, so dass die zuletzt angenommene monokline Stellung — in welcher übrigens das krystallographische Axenverhältniss weniger gut mit dem der Feuerblende übereinstimmt, als in der ersten Stellung — ebenfalls sich als unstatthaft erwiesen hat.

Zur Begründung Dieses möge im Folgenden eine kurze Beschreibung der näher untersuchten Krystalle mitgetheilt werden, weil sich hierbei auch die Gelegenheit bietet, die bisherigen Angaben über die Eigenthüm-

lichkeiten des Habitus der Krystalle mehrerer Fundorte zu vervollständigen. Hierbei ist die gewöhnliche Stellung der Krystalle beibehalten, bei welcher die an den tafeligen Bournonitkrystallen vorherrschende Fläche *c* das Zeichen {001} erhält, und zwar sind alle Buchstabenbezeichnungen und Symbole übereinstimmend mit dem Referat über Miers' citirte Arbeit in dieser Zeitschrift **11**, 175.

Die Abbildungen sind zum grössten Theile, der Deutlichkeit wegen, Projectionen, in denen der Krystall mit der Axe *b* aufrecht gestellt ist, während *a* von rechts nach links, *c* von vorn nach hinten verläuft.

In Zwillingen resp. Drillingen sind die Individuen mit I, II und III bezeichnet und zwar so, dass mit I das am grössten ausgebildete, mit II das mehr zurücktretende Individuum u. s. w. bezeichnet ist.

Der Kürze und Bequemlichkeit halber sei die Lage und das Individuum, zu welchem eine bestimmte Fläche gehört, durch Accente angedeutet, z. B. in Fig. 10 (Drilling) sei von den beiden Makropinakoidflächen, welche zum Individuum I gehören, die rechte mit *a'*, die linke mit *'a* bezeichnet; von den beiden demselben Individuum angehörenden Prismenflächen ist die eine obere rechte mit *m'* und die obere linke mit *'m* bezeichnet. Flächen, welche zum Individuum II oder III gehören, haben zwei resp. drei Accente, es bezieht sich also *''b* auf das linke Brachypinakoid von II. und *'''b* und *b'''* auf die beiden Brachypinakoidflächen von III. Die eine (rechte) gehört zum lamellaren, die andere (linke) zum Hauptheil des Individuums.

Přibram.

Die Krystalle dieser Localität können nach der Art ihrer Zwillingsbildung in drei Typen eingetheilt werden.

1. In Krystalle, welche als einfache bezeichnet werden können und nur von einer oder mehreren Zwillingslamellen parallel einer einzigen Fläche (110) oder ($1\bar{1}0$) durchsetzt werden.

2. In Krystalle, welche aus zwei wohlentwickelten Zwillingsindividuen parallel (110) oder ($\bar{1}10$) bestehen.

3. In Krystalle, welche sich aus drei Individuen (Drillinge) nach (110) und ($1\bar{1}0$) oder (110) und ($\bar{1}10$) zusammensetzen.

Von den zu diesen drei Typen gehörigen Krystallen brauchen wir nur die unter 1. und 3. näher in Betracht zu ziehen.

Der erste Typus der Krystalle dieses Fundortes ist sehr gut im Krystalle Nr. 2 (Fig. 1)[1] ausgebildet. Dieser ist hinsichtlich der Vertheilung seiner Flächen von anscheinend monoklinem Habitus. Es erscheinen in der Prismenzone im Quadranten oben links *'e* ($\bar{2}10$), *'l* (320), *'g* (130), *'k* ($5\bar{1}0$)?

[1] Original in der Mineralog. Staatssamml. zu München.

und $'m(\bar{1}\bar{1}0)$, von denen $'\vartheta$, $'l$ und $'m$ klein ausgebildet sind. Zu allen diesen Flächen waren auch die parallelen unten rechts vorhanden mit Ausnahme von $k,(\bar{5}\bar{4}0)$, welche zweifelhaft ist, während oben rechts nu $m'(\bar{1}10)$ erscheint. Unten links ist der Krystall zerbrochen. Die Messunge ergaben:

	Beobachtet:	Berechnet:
$\vartheta : a =$	34° 54′	35° 8′
$l : a =$	31 54	32 1
$e : a =$	25 24	25 8
$k : a =$	37 28	36 53
$m : a =$	46 26	46 50

Die Pyramiden $u\{112\}$ und $y\{111\}$ erscheinen in allen drei erhaltenen Quadranten, sowohl oben wie unten; $\varrho\{121\}$ erscheint oben und unten in den beiden rechten Quadranten, fehlt aber oben zur Linken. Der Krystall ist an diesem Theile etwas beschädigt und die Flächen scheinen weggesprengt zu sein; dasselbe trifft auch in Bezug auf die Flächen $'\mu(\bar{3}\bar{3}2)$ und $'v(\bar{2}\bar{1}1)$ an der oberen Seite im selben Quadranten zu. Von den beiden letzterwähnten Flächen hat $v(\bar{2}\bar{1}1)$ die ihr correspondirenden im rechtsseitigen unteren Quadranten oben und unten, während $\mu(\bar{3}32)$ fehlt. $\odot(213)$ tritt ebenfalls in dem oberen linken Quadranten (oben und unten) und in dem unteren rechten Quadranten auf. Diese beiden beträchtlich formenreichen Quadranten sind gleichzeitig durchsetzt von zwei oder drei sehr dünnen Zwillingslamellen, und dass solche gewissermassen Flächen induciren, wurde mehrfach beobachtet. Dieser durchgehende grössere Flächenreichthum an einer Zwillingslamelle führt dazu, dass die Krystallprojectionen oft jene ungleichförmige Flächenvertheilung aufweisen, die dem Krystall ein deutlich monoklines Aussehen giebt.

Ein weiteres Beispiel dieser Klasse liefert Krystall Nr. 6 (Fig. 2)[1]. Die Projection zeigt einige Unregelmässigkeiten in der Vertheilung der Flächen und eine ähnliche Tendenz zu monokliner Symmetrie wie Krystall Nr. 2 (Fig. 1).

Krystalle des dritten Habitus von Přibram zerfallen in zwei Untertypen:

a) jene mit zwei wohlentwickelten Individuen und

b) solche, in denen eines der Individuen oder zuweilen beide auf Lamellen reducirt sind, die ein einziges Hauptindividuum durchsetzen.

Krystall Nr. 8 (Fig. 3)[2] illustrirt den Subtypus a) dieser Klasse. Derselbe besteht aus Individuen von nahezu gleicher Entwickelung und ist nach (110) und $(1\bar{1}0)$ verzwillingt. Der Krystall ist besonders reich an

1) Original in der mineral. Sammlung d. deutschen Universität in Prag.

2) Original ebendaselbst.

Pyramiden, welche, wenn auch nicht in gleicher Entwickelung, an allen drei Individuen erscheinen. Die Pyramiden $\varphi\{113\}$, $u\{112\}$, $y\{111\}$, $\Theta\{17.17.12\}$, $\odot\{213\}$ und $v\{211\}$, welche als wohlentwickelte Flächen links von I auftreten, fehlen zur Rechten desselben Individuums vollständig. An II erscheinen vier derselben, wenn gleich nur spärlich entwickelt, nämlich: $\varphi\{113\}$, $u\{112\}$, $y\{111\}$ und $\Theta\{17.17.12\}$, ($\Theta : m = 27^0\,54'$, berechnet $= 28^0\,18'$). Der Krystall ist an der hinteren Seite schlecht entwickelt. Die Prismenzone zeigt einige leichte Unregelmässigkeiten, indem $e\{210\}$ an I nur mit einer einzigen Fläche $'e(\bar{2}\bar{1}0)$ erscheint; im Ganzen indessen ist die Vertheilung der Flächen eine sehr regelmässige.

Abbildungen des Subtypus b) zeigen die Fig. 4 und 5, Krystalle Nr. 11 und 12. Von diesen zeigt der erste (Krystall Nr. 11)[1]) einen Mangel an Symmetrie, der verursacht wird durch das Dazwischentreten von III, welches jenen Theil des Individuums I ersetzt, an welchem die Flächen $T'(\bar{3}21)$ und $v'(\bar{2}11)$ auftreten sollten. Andererseits wird das Erscheinen von $\varrho(\bar{1}\bar{2}1)$ durch II verhindert. Die Unterseite des Krystalles konnte nicht untersucht werden, da derselbe hier auf einem Aggregat von Siderit, Zinkblende und Pyrit aufsitzt.

	Beobachtet:	Berechnet:
$k'(\bar{5}\bar{1}0) : a(\bar{1}00)$	$= 36^0\,47'$	$36^0\,53'$
$T'(\bar{3}21) : o'(\bar{1}01)$	$= 39\;\;52$	$39\;\;56$
$v'(\bar{2}11) : o'(\bar{1}01)$	$= 28\;\;22$	$28\;\;59$
$'\varrho(\bar{1}\bar{2}1) : 'y(\bar{1}\bar{1}1)$	$= 18\;\;50$	$19\;\;24$

Der andere, in Fig. 5 abgebildete Krystall weist eine sehr regelmässige Entwickelung auf, besonders in der Prismenzone, in welcher vollständige rhombische Symmetrie herrscht. Auffallend ist das Fehlen der gewöhnlichen Flächen des Brachydomas $n\{011\}$.

Beide Krystalle illustriren die bei Bournonit gewöhnliche Thatsache, dass, wenn $m\{110\}$ oder $a\{100\}$ von einer, wenngleich noch so dünnen, Zwillingslamelle durchsetzt werden, beide Antheile eine Verschiedenheit zeigen, indem entweder der eine gegen den anderen im Wachsthum zurückgeblieben ist, was sehr häufig vorkommt, oder, im Falle eines gleichmässigen Wachsthums, indem, durch einige der häufigeren Flächen begrenzt, ein einspringender Winkel gebildet wird. Die Lamelle, welche diese Sonderung hervorruft, kann entweder in Verbindung mit einer der Lamellen fortgewachsen oder, falls sie nur schwach ausgebildet ist, in der Entwickelung zurückgeblieben sein. Häufig kommt es vor, dass eine Reihe stark entwickelter Zwillingslamellen von einer Reihe schwach ausgebildeter, mehr oder minder von einander abstehender Zwillingslamellen, die gegen die

1) Original in der Sammlung der k. k. Bergakademie zu Přibram.

ersteren eine Neigung von 93° 40′ aufweisen, begleitet sind. Da wo diese Lamellen die Prismenzone schneiden, wird der Hauptkrystall in eine Reihe paralleler Gruppen zertheilt (wie in Fig. 1), während die andere Hälfte des Krystalles aus nicht-parallelen (in Zwillingsstellung befindlichen) Theilen zusammengesetzt ist.

Silberwiese bei Ems.

Die drei untersuchten Krystalle dieses Fundortes[1]) sind wegen ihres Flächenreichthums bemerkenswerth. Nr. 1 und 2 (Fig. 6) sind einfache, von einer Zwillingslamelle durchschnittene Krystalle. Nr. 3 (Fig. 7) ist ein Zwilling, der aus zwei gut ausgebildeten Individuen besteht.

Krystall Nr. 2 (Fig. 6) verdient wegen der grossen Zahl von Domenflächen, welche derselbe aufweist, erwähnt zu werden. Drei Makro- und drei Brachydomen sind leicht zu unterscheiden, während schwache Reflexe noch auf weitere drei der Makroreihe angehörige Domen hinweisen.

	Beobachtet:	Berechnet:
$a'(101) : \delta'(301)$	= 19° 16′	19° 13′
$a'(101) : o'(101)$	= 46 13	46 17
$a'(101) : x'(102)$	= 64 39	64 27
$a'(101) : (z)(201)$	= 27 48	27 36
$'a(\bar{1}01) : '\delta(\bar{3}01)$	= 19 28	19 13
$'a(\bar{1}01) : 'o(\bar{1}01)$	= 46 55	46 17
$'a(\bar{1}01) : 'x(\bar{1}02)$	= 64 2	64 27
$'a(\bar{1}01) : (F)(\bar{2}05)$	= 68 41	69 4
$'a(\bar{1}01) : \beta(108)$	= 83 41	83 11

Mit Ausnahme des Auftretens der isolirten und nur schwach entwickelten Flächen $\varphi(1\bar{1}3)$ und $\odot(2\bar{1}3)$ sowie $e(2\bar{1}0)$ und $\vartheta(430)$, ist die Vertheilung eine ungewöhnlich symmetrische. Die von Miers beobachtete, aber von ihm als zweifelhaft angesehene Form {132} erscheint als ein schmaler, in der Zone $[m\varrho n]$ und $[bux]$ liegendes Flächenpaar mit folgenden Winkeln:

$(132)' : m'(110) = 43° 28'$
$'(\bar{1}32) : 'm(\bar{1}10) = 43\ 20$ (berechnet 43° 16′)
$(1\bar{3}2)' : b'(010) = 39\ 33$
$'(\bar{1}32) : b'(010) = 39\ 32$ (berechnet 39° 29′).

Die correspondirenden Flächen an der Rückseite sind, obgleich schwach ausgebildet, noch sichtbar.

Krystall Nr. 3 (Fig. 7) scheint, obgleich nicht so flächenreich, ein neues Brachydoma ε aufzuweisen. Dasselbe erscheint mit einer wohlausgebildeten

---

1) Diese Krystalle stammen aus der Sammlung des Böhmischen Nationalmuseums zu Prag.

Fläche zwischen $o'(\bar{1}01)$ und $c(001)$. Zwischen demselben und $u'(\bar{1}12)$ tritt eine scharf ausgebildete Fläche von $\xi'(\bar{2}14)$ auf. $\acute{\varepsilon}$ liegt, wie aus der Combinationskante mit ξ' hervorgeht, nicht in derselben Zone mit ξ' und u', sondern gehört vielmehr einem Doma mit kleinerer c-Axe an. Der Reflex der in Rede stehenden Fläche ist gut und hat eine maximale Fehlergrenze von 0° 12′; der Reflex der unmittelbar unter ihr liegenden Fläche $o'(\bar{1}01)$ ist ausgezeichnet. Der Winkel zwischen beiden Flächen beträgt 24° 55′. Hiernach fällt die Fläche zwischen

$F(205)$ $(F : o = 22° 47'$ berechnet) und
$\varepsilon(103)$ $(\varepsilon : o = 26 \quad 2$ berechnet).

Für das allerdings complicirte Zeichen $\{9.0.25\}$ ist der berechnete Winkel $i : o = 24° 44'$. Die Fläche ist zu gut beschaffen und die Reflexbilder derselben zu scharf, als dass ein Fehler von mehr als 0° 12′ angenommen werden könnte, sonst wäre dieselbe vielleicht als eine unvollkommen entwickelte Fläche $\varepsilon(103)$ anzusehen.

Horhausen.

Die Krystalle dieser Localität lassen sich in drei Typen unterscheiden:

1) Zwillinge nach einer einzigen Prismenfläche.

2) Solche nach zwei Prismenflächen (110) und $(1\bar{1}0)$, d. h. Drillinge, deren Brachydiagonalen im Mittelpunkte zusammentreffen, und deren Makropinakoide nach aussen gerichtet sind und mit einander Winkel von 93° 40′ bilden.

3) Zwillinge nach zwei Prismenflächen $(1\bar{1}0)$ und $(\bar{1}\bar{1}0)$, d. h. Drillinge mit im Centrum zusammentreffenden Makrodiagonalen und nach aussen gekehrten Brachypinakoiden, deren Winkel 86° 20′ betragen.

Die Krystalle des ersteren Typus, anscheinend die gewöhnlichsten, bedürfen keiner weiteren Erwähnung. Dagegen bieten gewisse Krystalle der zweiten und dritten Typus Einiges, das unser Interesse beansprucht.

Nr. 1 (Fig. 8)[1]) kann als Repräsentant der Krystalle des zweiten Typus dieser Localität gelten. Obgleich der Krystall wegen seiner Grösse und Flächenbeschaffenheit keine sehr genauen Messungen zuliess, so genügten diejenigen der Prismenzone doch, die in der Zeichnung wiedergegebene Anordnung der Flächen sicher zu stellen. Man bemerkt, dass die Theile I stets an der rechten Seite jeder der feinen eingelagerten Zwillingslamellen, welche mit einer annähernd $f\{120\}$ des Krystalls II entsprechenden Fläche endigen, vorspringen. Zweitens fällt eine ungleichmässige Vertheilung der Flächen auf, indem $e\{210\}$ und $f\{120\}$ nur rechts und $e\{210\}$ und $l\{320\}$ nur links auftreten.

1) Original in der Privatsammlung des Herrn Seligmann in Coblenz.

Der Krystall Nr. 5 (Fig. 9)[1] kann als ein Muster der Krystalle des dritten Typus dieser Localität gelten. Derselbe besteht aus einem Individuum I, an welches sich links und rechts, mit den Flächen (1$\bar{1}$0) und ($\bar{1}\bar{1}$0) verwachsen, die Individuen II und III anlegen, deren jedes von einer zu I gehörigen Zwillingslamelle, parallel den beiden genannten Ebenen, durchsetzt wird; infolgedessen bilden diese beiden Antheile des Individuums I ein V. Der Zwillingswinkel I und II ergab sich 0° 35′ grösser, der zwischen II und III 1° 8′ geringer als der theoretische Werth, während die Winkel zwischen *'b* (010) und *a* (100) = 90° 2′ und *b'* (010) und *a* ($\bar{1}$00) = 89° 58′ sehr gut unter einander und mit dem theoretischen (90° 0′) übereinstimmen. Auffallend ist die ungleichmässige Entwickelung der zum Theil I und III gehörigen Pyramiden zur Rechten im Vergleich mit jenen zur Linken.

Eine Messung der Zone, in welcher die ersteren liegen, zeigt, dass sie der Form *φ* (113), *u* (112) und *y* (111) angehören; hiervon sind *φ* (113) und *u* (112) gut entwickelt, und *y* (111) durch *f'* (120) zurückgedrängt; links dagegen erscheint *u* (112) sehr gross und *y* (111) sehr schmal, während *φ* (113) gänzlich fehlt. Es dürfte sich hierin schwerlich mehr als eine zufällige Unregelmässigkeit in der Flächenentwickelung ausdrücken. Eine Gesetzmässigkeit ist darin nicht zu finden, wie aus der Thatsache hervorgeht, dass *φ* (11$\bar{3}$) an der Rückseite von I ebenfalls fehlt. Dazu kommt noch, dass diese unregelmässige Vertheilung der Pyramiden ausgeglichen wird durch die absolut symmetrische Entwickelung der Flächen in der Prismenzone. Es würde noch die ungewöhnliche Entwickelung von *'f* ($\bar{1}$20) und *f'* (120) zu erwähnen sein; dieselben sind sehr gross, nehmen einen Umfang an, wie er gewöhnlich nur dem primären Prisma zukommt, verdrängen in diesem Falle *'m* ($\bar{1}$10) und *m'* (110) völlig und kommen direct rechts mit *m'''* ($\bar{1}$10) und links *''m* (110) in Berührung. Mit jener bilden sie einen Winkel von 10° 58′ und mit dieser einen solchen von 11° 32′ (theoret. 11° 26′ oder *f'* (120) : *m'* (110) = 18° 46′ — 7° 20′). Hierdurch wird ein weiterer Beweis erbracht für die beträchtliche Differenz zwischen den Zwillingswinkeln zur Rechten und Linken; der eine zwischen I und III ist 0° 28′ kleiner, der andere zwischen I und II 0° 6′ grösser als der theoretische Werth. Die Reflexe aller dieser vier Flächen sind gut.

Offenbanya.

Der einzige Repräsentant dieses Fundortes, ein wenig vollkommener Krystall, dessen Flächen alle mehr oder minder matt waren, ist in Fig. 10 auf Grund der Messungen der Prismenzone dargestellt[2]. Von den drei In-

1) Original im Hofmineraliencabinet in Wien.

2) Das Original stammt aus der Mineraliensammlung des Böhmischen Nationalmuseums in Prag.

dividuen desselben ist II mit I nach einer Fläche ($\bar{1}\bar{1}0$) verwachsen. Es wird durchschnitten von einer sehr dünnen Lamelle. III besteht aus einer Hauptpartie und einer lamellaren Fortsetzung; letztere ist parallel der Zwillingsebene ($1\bar{1}0$), während erstere mit einer Fläche senkrecht dazu mit I verwachsen, und II in einer Fläche ungefähr parallel $m_{,,}$ ($\bar{1}\bar{1}0$) berührt. Der Haupttheil von III zeigt eine sehr unvollkommene Fläche, die innerhalb 1° 11′ mit Ψ ($5\bar{6}0$) übereinstimmt und mit $_{,,}m$ ($\bar{1}10$) einen Winkel von 0° 33′ bildet. Der lamellare Theil trägt eine Fläche $f_{,,,}$ (120), mittels welcher derselbe im Verein mit m' (110) an der äusseren Peripherie des Krystalles unten eine ausgesprochene Sonderung von I bewerkstelligt, während derselbe oben eng mit letzterem verwachsen ist. Diese ziemlich ungewöhnliche Entwickelung eines einzigen Individuums, wie sie III darbietet, wurde auch an Krystallen von Nagyag constatirt [1]).

Nagyag.

Die Bournonitkrystalle von dieser Localität sind von T. A. Quenstedt in seinem Handbuch der Min. S. 890 als Durchkreuzungszwillinge beschrieben worden, die denen des Cerussit völlig analog sind und im Aussehen denen des Staurolith ähneln. Ferner beschrieb G. vom Rath [2]) eine einzelne interessante Krystallgruppe dieses Fundortes. Dieselbe besteht aus vier Individuen mit nach einem Centrum laufenden Makrodiagonalen und nach aussen gekehrten Brachypinakoiden, welche mit einander die Winkel 79° 59′, 92° 28′, 96° 48′ und 90° 44½′ bilden. Diese Winkel beweisen nach der Angabe des genannten Forschers, dass die Krystalle nicht in Zwillingsstellung zu einander stehen können. Einer derselben (92° 28′) liegt nahe dem Zwillingswinkel des Bournonit. In Bezug auf diesen schrieb er: »Die Individuen I und II legen allerdings annähernd eine Prismenfläche m (als m' bezeichnet) in gleiches Niveau; man könnte geneigt sein, sie als Zwillinge — verwachsen mit einer Fläche normal zur Zwillingsebene — zu betrachten. Dieser Deutung würde indess der Winkel

1) Derartige unregelmässige Formen der Zwillingspartien kommen auch an anderen Fundorten vor, wie z. B. der in Fig. 11 abgebildete Krystall zeigt. Dieser ungewöhnlich grosse Krystall von Meiseberg bei Neudorf am Harz (Original im Hofmineraliencabinet in Wien, Cat.-Nr. 176) hat etwa 5 cm Durchmesser und zeigt eine breite Bruchfläche annähernd parallel {001}. Auf dieser Bruchfläche kann man deutlich die Grenze von vier Individuen verfolgen. Der Haupttheil des Krystalles besteht aus I, welches von den das Individuum II bildenden breiten Lamellen durchschnitten wird. Die erste zu II gehörige Lamelle besteht aus einer unregelmässigen, von I, III und IV umschlossenen Masse mit einer lamellaren Fortsetzung. Die erste zu I gehörige Lamelle ist gleichfalls ganz unregelmässig und nahezu von I und IV umschlossen. III und IV sind verhältnissmässig kleine, unregelmässige Massen; die letztere ist wieder ein zusammengesetztes Individuum.

2) Diese Zeitschr. 1877, **1**, 602.

92° 28′ entgegen stehen, welcher mehr als 1° von der Zwillingskante des Bournonit (93° 40′) abweicht.«

Was der eben genannte Forscher aus der Stellung der Krystalle entnahm, ist durch die Untersuchung bestätigt worden, die an dem aus diesem Fundorte stammenden Material vorgenommen wurde.

Die Krystalle[1]) sind von zwei Typen:

1) Zwillinge mit gemeinsamer Zwillings- und Verwachsungsfläche, einfache Formen.

2) Zwillinge und Drillinge, deren Verwachsungsfläche rechtwinkelig zur Zwillingsebene steht, complicirtere Formen.

Krystall Nr. 5 wurde als Repräsentant des ersteren Typus gewählt. Die Messungsergebnisse führten zu der in Fig. 12 angegebenen Deutung der Flächen. Dieser Krystall zeigt, wie die Krystallbildung vorwiegend nach einer einzigen Fläche (hier (110) von I) vor sich gehen kann. Dieselbe kommt in dieser Form an Krystallen von Příbram und Horhausen vor. Der vorliegende Krystall ist theilweise bedeckt von Manganblende, und die Flächen sind nicht so glänzend, wie bei den anderen Krystallen dieses Fundortes. Derselbe besteht aus vier Lamellen, welche zu I gehören und die durch drei zu II gehörige Lamellen getrennt werden. Von den vier zu I gehörenden sind die beiden äusseren sehr schmal; bei der einen wird dies durch den zerbrochenen Zustand des Krystalles bedingt, während die andere von Natur aus unvollkommen entwickelt ist und den äussersten rechten Theil des Krystalles bildet. Die drei Theile des Brachypinakoides $'b$ {010} spiegeln zusammen und bilden mit den zwei Theilen des Makropinakoides a'' {100}, welche gleichfalls zusammen reflectiren, einen Winkel von 3° 19′ (3° 40′). Die alternirenden Flächen n' {011} und o'' {101} berühren einander in Folge der Differenz der Winkel, welche sie mit c{001} bilden ($n:c = 41° 53'$; $o:c = 43° 43'$), in einer unregelmässigen Linie. Seine u{112}-Flächen, welche in dieselbe Ebene fallen, erscheinen als eine einzige Fläche von schwach zickzackähnlicher Form ohne die Spur einer trennenden Linie. Die punktirten Linien in der Figur sind gezeichnet, um die Grenze der einzelnen Lamellen schärfer definiren zu können.

Die Krystalle Nr. 7 (Fig. 13), Nr. 8 und Nr. 9 (Fig. 14) sind als Vertreter verschiedener, dem zweiten Typus angehöriger Varietäten gewählt worden.

Von ihnen ist der erste (Fig. 13) der einfachste. Es ist ein Drilling, in welchem II mit I nach (1$\bar{1}$0) verzwillingt und nach einer dazu senkrechten Fläche verwachsen ist. Dieses wird durch die folgenden Messungsresultate dargethan:

1) Sämmtliche Krystalle von diesem Fundorte stammen aus der Mineraliensammlung des Böhmischen Nationalmuseums in Prag.

b' (010) : b'' (010) = 93° 14′ (93° 40′)
a' (100) : a'' (100) = 86 15 (86 20)
u' (112) : u'' (112) = 0 17 (0 0)

Individuum III von untergeordneter Bedeutung ist von schmaler, keilförmiger Gestalt und liegt zwischen I und II. Mit I steht es nach (1$\bar{1}$0) in Zwischenstellung und berührt II an der Zusammensetzungsfläche zwischen diesem und I. Es endigt in einer schmalen Fläche $f_{'''}$ (120), welche mit 'e($\bar{2}\bar{1}$0) einen spitzen, einspringenden Winkel bildet, durch den es, zusammen mit I, von II getrennt wird. I ist charakterisirt durch die Grösse von 'u ($\bar{1}$12) und u' (112), welche einander schneiden und u' (011) auf ein Dreieck beschränken. Sie werden ihrerseits in der Entwickelung durch die Makropinakoide a' (100) und 'a ($\bar{1}$00) zurückgedrängt und erhalten die Form unregelmässiger Sechsecke. b' (010) ist sehr schmal und schlecht spiegelnd. II zeigt das etwas ungewöhnliche Makrodoma h {203} neben e{101} (h'' : a'' = 57° 47′, berechnet 57° 29′). Es besteht aus zwei Theilen, einem Danpttheil in Berührung mit I und III an deren Zusammensetzungsfläche, und einem keilförmigen Vorsprunge mit f' (1$\bar{2}$0), welcher in der Zwillingsebene mit I in Berührung steht. I liegt in dem einspringenden rechten Winkel, der durch diese beiden Theile gebildet wird.

Krystall Nr. 8 ist ein etwas complicirteres Beispiel dieser Klasse. Die Flächen sind gut entwickelt und von demselben ausgezeichneten Glanze, wie bei dem oben beschriebenen Krystalle. Die breitere Basis giebt dem Krystalle ein tafelartiges Aussehen. Von den Domen ist nur das Brachydoma gut entwickelt, das Makrodoma fehlt, mit Ausnahme einer ganz untergeordneten Entwickelung zur Linken von I. Von den Pyramiden erscheint nur eine einzige u{112}, deren sämmtliche Flächen, mit einer einzigen Ausnahme, vom Makropinakoid geschnitten werden, wodurch sie eine dreieckige Gestalt erhalten. Beide Pinakoide haben eine gekörnte Oberfläche und geben nur schwache Reflexe. Dieselben sind wie beim ersten Beispiel sehr schmal und werden durch Brachydomen in der Entwickelung zurückgedrängt. Prismen sind zwei vorhanden, m {110} und f'{120}, letzteres stark gestreift parallel der Axe c. Wie aus den Messungen hervorgeht, sind Individuum I und II mit einander verwachsen nach einer zur Zwillingsebene senkrechten Fläche. Ihre Berührungslinie verläuft als schwache, unregelmässige Linie auf der Basis. Die Prismenflächen m' (110) und m'' ($\bar{1}\bar{1}$0), welche in eine Ebene fallen sollten, bilden einen Winkel von 0° 19′ mit einander, ebenso u' (112) und u'' ($\bar{1}\bar{1}$2) einen solchen von 0° 12′. Die erstere Abweichung wird zum Theil durch die unvollkommene Ausbildung der m-Flächen erklärt, die letztere entspricht einer geringfügigen Drehung um die Zwillingsaxe. Von den Zwillingswinkeln zwischen den beiden Pinakoidflächenpaaren ist jener zwischen dem Brachypinakoid b' und b'' 93° 37′ mit dem theoretischen (93° 40′) sehr nahe übereinstimmend, während der

zwischen den Makropinakoiden a' und a'', 86° 43′ (86° 20′), dem rechten Winkel um 0° 23′ zu nahe liegt. Auch hier sind beide Flächen unvollkommen, und die Winkel zwischen denselben und den resp. Brachypinakoiden wurden zusammen 0° 23′ grösser als zwei Rechte gefunden ($b' : a' = 90° 10'$, $b'' : a'' = 90° 13'$). I ist, soweit festgestellt werden kann, durchschnitten erstens von zwei zu II gehörigen Lamellen, welche parallel der gemeinsamen Zwillingsfläche liegen; eine Erweiterung eines Endes der ersten derselben bildet die Hauptmasse von II. Die beiden Zwischenlamellen, die zu I gehören, haben an ihrem rechten unteren Ende je eine f\{120\}-Fläche; in der That sind diese zwei Flächen gepaart, wie der Winkel zwischen denselben zeigt ($f_{,}(1\bar{2}0) : {}_{,}f(\bar{1}\bar{2}0) = 56° 16'$, theoretisch 56° 8′). Würden die Ebenen, in denen sie liegen, nach oben verlegt, so würden diese beiden Flächen das entsprechende Flächenpaar, nämlich (120) und ($\bar{1}$20), bilden, d. h. je eine läge an jeder Seite von $'b$\{010\}. Ferner wird I durchschnitten von einem zweiten Paar Lamellen, parallel (1$\bar{1}$0), deren jede auch einen Theil derselben f-Fläche trägt, welche der Fläche des Krystalles I entspricht. Eine dieser Lamellen kann durch die feinen Grenzlinien auf der Basis bis an die zerbrochene Kante des Krystalles verfolgt werden. Ein wenig unter dieser Stelle ist ein Krystallfragment zu sehen; dieses ist deutlich von der letzten (vierten) Lamelle, welche zu I gehört, durch eine unregelmässige Linie getrennt, und trägt eine einzige, in der Prismenzone gelegene Fläche, die zusammen mit $m_{,}$ (1$\bar{1}$0) spiegelt und mit derselben einen einspringenden Winkel von 7° 32′ (7° 20′) mit $m_{,,}$ (110) und einen von 42° 55′ (43° 10′) mit $a_{,}$ (100) bildet, woraus hervorgeht, dass dieser Theil des Krystalles der Rest eines Krystallindividuums III ist, welches mit I parallel (1$\bar{1}$0) verzwillingt und unter rechtem Winkel dazu verwachsen ist. Ergänzen wir dieses Individuum zur Grösse der beiden anderen und nehmen noch ein viertes an, welches zum ersten dieselbe Beziehung wie II zu I hat, so erhalten wir einen Vierling, welcher einem Durchkreuzungszwilling gleichen würde, dessen vier Brachydomenflächen nach auswärts gekehrt wären. Unter den zwischen den letzteren liegenden Winkeln wären drei gleich 93° 40′, der vierte gleich 79° 0′ oder 90° — 3(3° 40′). Die vier Messungen, welche vom Rath (l. c.) angiebt, nämlich 90° 44′, 96° 48½′, 92° 28′ und 79° 59′, deuten gewiss auf einen ähnlichen Verband der vier von ihm beschriebenen Individuen.

Der dritte Repräsentant dieses Typus (Fig. 14) liefert bessere Messungen als jeder der beiden anderen. In diesem Falle aber sind die Formen u\{112\} und m\{110\} die vorherrschenden, statt n\{011\} und b\{010\}. Der Krystall besteht aus drei Individuen, wie in den beiden vorhergehenden Fällen. I bildet den Haupttheil des Krystalles, welcher von einer einzigen nachweisbaren Zwillingslamelle III parallel \{1$\bar{1}$0\} durchschnitten ist. Wie in den zwei vorhergehenden Fällen endigt diese Lamelle mit einer Fläche von

$f\{120\}$. Diese beiden Individuen I und III liegen, wie in dem zuerst angeführten Beispiele, in dem einspringenden rechten Winkel, welcher, durch die beiden Theile von II gebildet, zur Linken von der Zwillings- und zur Rechten von der Zusammensetzungsfläche begrenzt wird. Das Verhältniss der Individuen ist im vorliegenden Falle identisch mit demjenigen des ersten, die hauptsächlichste Differenz zwischen beiden besteht in dem Unterschiede in der Grösse der Individuen I und II.

Kapnik.

Die Krystalle dieses Fundortes[1]) sind, soweit das spärliche, zur Verfügung stehende Material übersehen lässt, meist complicirte Formen, im Wesentlichen indessen nahe übereinstimmend oder identisch mit den unter Typus II von Nagyag beschriebenen. Das Material ist zu Messungen nicht besonders geeignet. Die Flächen geben kaum in einem Falle gute Reflexe und sind oft so matt, rauh oder stark gestreift, dass sie überhaupt kaum irgend einen Reflex mehr geben. Bei Verwachsungen senkrecht zur Zwillingsebene, oder bei parallelem Wachsthum sind ausserdem die Individuen oft so stark aus ihrer Lage gedreht, dass zwei zur selben Zone gehörige Flächen um einen Grad und mehr von derselben abweichen.

Wie aus den Messungen und der darnach angefertigten Fig. 15 ersichtlich, ist der Krystall Nr. 1 von dieser Localität ganz ähnlich dem Krystall Nr. 7 (Fig. 13) von Nagyag. Individuum II ist hier mit I verzwillingt parallel $(1\bar{1}0)$ und rechtwinkelig dazu verwachsen. Es ergab sich:

$$\begin{aligned} 'm(\bar{1}10) &: {}''m(\bar{1}\bar{1}0) = 0^\circ 30' \\ 'a(\bar{1}00) &: {}''a(\bar{1}00) = 86\ 44 \\ 'u(\bar{1}\bar{1}2) &: {}''u(\bar{1}12) = 0\ 15 \end{aligned}$$

II zeigt Zwillingsbildung parallel $(\bar{1}\bar{1}0)$, sowie eine Art des Wachsthums, durch welche m'' (110) in drei gesonderte Partien getheilt wird. Aehnliche Ausbildung ist an anderen Krystallen dieses Fundortes zu beobachten.

Fig. 16 (Krystall Nr. 2) zeigt einen Krystall, welcher ebenfalls auffallende Aehnlichkeit mit Typus 2 von Nagyag besitzt, wie ein Vergleich mit Fig. 14 lehrt. Thatsächlich repräsentiren Fig. 15 und Fig. 16 den Typus Nagyag ebenso gut wie Fig. 13 und Fig. 14. In Fig. 16 wie in Fig. 14 besteht der Krystall aus zwei vorherrschenden Individuen, II verzwillingt mit I nach $(1\bar{1}0)$ und damit unter rechtem Winkel dazu verwachsen, wie die, obgleich ungenauen, Messungen genügend erweisen:

$$\begin{aligned} 'm(\bar{1}10) &: {}''m(\bar{1}\bar{1}0) = 0^\circ 55' \ (0^\circ\ 0') \\ 'a(\bar{1}00) &: a''(\bar{1}00) = 86\ 51\ (86\ 20) \\ a'(100) &: a''(\bar{1}00) = 93\ 22\ (93\ 40) \end{aligned}$$

[1]) Sämmtliches Material dieses Fundortes stammt aus der Privatsammlung des Herrn Seligmann in Coblenz.

I ist in II eingelagert genau wie bei Fig. 14 beschrieben, nur dass in diesem Falle I an Stelle eines dritten Individuums, das es durchdringt, von einer einzigen Lamelle von II durchsetzt wird. Auch ist jener Theil von II, der von I durch die Zwillingsfläche getrennt ist, anstatt enge mit ihm zusammenzuhängen, von ihm durch *e* (210) und *a* (100) getrennt. *b'* (010) und *n'* (011) werden durchschnitten von einer ausserordentlich dünnen Lamelle, welche mit der Kante zwischen *'u* ($\bar{1}\bar{1}2$) und *c* (001) zusammenfällt, und durch die das Individuum I in zwei parallele Partien getheilt wird.

Der Krystall, welchen Fig. 17 darstellt, ist von minderer Beschaffenheit. Er besteht aus drei Individuen, von welchen nach den Messungen II mit I nach (1$\bar{1}$0) in Zwillingsstellung zu stehen scheint und senkrecht dazu verwachsen ist.

$$b(010) : b''(010) = 92^\circ 44' \; (93^\circ 40')$$
$$a'(100) : a''(\bar{1}00) = 87\;32 \; (86\;20)$$
$$m'(110) : m''(\bar{1}10) = 0\;41 \; (0\;0)$$

II ist stark gedreht um die Zwillingsaxe, so zwar, dass die Reflexe von *a''* und *b''* erheblich aus der Prismenzone heraustreten. Dieses, im Verein mit der unvollkommenen Beschaffenheit der Flächen, ist wohl genügend, um diese Abweichung zu erklären. III füllt den Winkel zwischen I und II aus, obgleich es nicht in Zwillingsstellung mit denselben steht und auch nicht parallel zu II ist. Es ist indessen beinahe rechtwinkelig zu I ($b' : b''' = 90^\circ 44'$).

Die auffallende Aehnlichkeit der Krystalle von Nagyag im Vergleich mit jenen von Kapnik liess vermuthen, dass die Formen der ersten Localität als einfache und unvollständige Formen des Rädelerzes betrachtet werden könnten, von welchem verschiedene Erklärungen[1]) gegeben worden sind, und dass umgekehrt dem Rädelerz ein Vierling zu Grunde liege, wie wir ihn bereits beschrieben haben, bei welchem die einspringenden Winkel zwischen den Individuen von andern Krystallen eingenommen werden, entweder in Zwillingsstellung zu einem der Originalindividuen, wie beim Krystall von Offenbanya (Fig. 10, II), oder parallel zu einem derselben, oder endlich wie in Krystall Nr. 5 von Kapnik (Fig. 17, III), weder parallel noch in Zwillingsstellung zu demselben.

Wenn wir uns die ursprüngliche Zwillingsbildung nach den vier Originalindividuen noch verwickelter denken durch das Auswachsen der Prismenzone in zahnförmige Vorsprünge und die Bildung von einspringenden Winkeln, wie sie an den Krystallen Nr. 6, 9 und 12 (Fig. 2, 4 und 5) von Přibram zu sehen ist, wenn wir uns ferner noch eine weitere Complication dadurch vorstellen, dass auch die secundären, in den einspringen-

1) Zirkel, Sitzungsber. k. k. Akad. Wien 44, 464. — Sadebeck, Angewend. Krystallogr. S. 120. — Miers, Mineral. Mag. 6, 74.

den Räumen der ursprünglichen Form liegenden Individuen verzwillingt werden, so haben wir, so weit die vorliegende, allerdings begrenzte Untersuchung erkennen lässt, eine nicht unwahrscheinliche Erklärung dieser complicirten Formen des Bournonit.

Die folgenden Bemerkungen über den Bournonit von drei Localitäten, von welchen sich Proben in der Staatssammlung zu München befinden, mögen hier angeschlossen werden.

Rosenhofer Zug bei Clausthal.

Dieses Vorkommen wird von Zirkel erwähnt. Die Krystalle verdienen aber eine kurze Beschreibung wegen ihrer auffallenden Uebereinstimmung mit jenen von Liskeard. Es sind zum grössten Theile Zwillinge, bestehend aus zwei Individuen von gleicher Grösse, doch öfters complicirt durch parallele Wachsthumsgruppen. Gleichwie bei dem Typus Liskeard sind die Krystalle mehr oder minder von kubischer Form und zeigen eine Neigung zur unsymmetrischen Entwickelung der Flächen in der Prismenzone, indem $m\{1\bar{1}0\}$ oft allein und gut entwickelt, jedoch nur an einer Seite erscheint, während an der anderen $e\{210\}$, $l\{320\}$ und $m\{110\}$ häufig zu finden sind. Das Makrodoma $o\{101\}$ ist gewöhnlich gut entwickelt, während $a\{100\}$ auf eine schmale nahezu viereckige Fläche reducirt ist. Die Flächen sind zum grössten Theile glänzend.

Die Krystalle sitzen auf derbem Bournonit mit Braunspath und Baryt.

Wolfsberg am Harz.

Ein einziger grosser Krystall von diesem Fundorte scheint ein Drilling zu sein, bei welchem die Individuen parallel c stark verlängert sind. Der Krystall hat eine Länge von $2\frac{1}{2}$ cm. In der Prismenzone sind die drei den verschiedenen Individuen angehörige Pinakoidflächen vorherrschend, wodurch der Krystall ein pseudotetragonales Aussehen erhält. Ausser der Basis sind keine weiteren Flächen mit Sicherheit zu constatiren. Der Krystall bietet ein besonderes Interesse dadurch, dass in demselben zufolge einer Analyse eines Theiles desselben, welche Herr Prof. Muthmann ausführte, die Hälfte des Antimons durch Arsen ersetzt ist.

Er findet sich zusammen mit Quarz und Jamesonit.

Bertha-Grube, Schwaz, Tirol.

Die einzige mir bekannt gewordene Stufe dieses anscheinend wenig oder nicht bekannten Vorkommens befindet sich in der Münchener Sammlung. Die Krystalle sind klein und unvollkommen, von tafeliger Form und nach einer einzigen Prismenfläche verzwillingt. Die feststellbaren Formen sind $a\{100\}$, $o\{101\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, $n\{011\}$, $u\{112\}$ und $y\{111\}$. Hin-

sichtlich der Form gleichen diese Krystalle jenen von Horhausen. Sie finden sich auf einem Gemenge von derbem Fahlerz und Siderit.

Am Schlusse dieser Arbeit sei es mir gestattet, meinen besten Dank denjenigen Herren auszudrücken, welche mir in liebenswürdigster Weise Material zu dieser Untersuchung überlassen haben. Durch die Güte des Herrn Prof. Vrba in Prag kam ich in den Besitz von einigen ausgezeichneten Krystallen; ausserdem ermöglichte es mir Derselbe, das reiche und ausgezeichnete Material des Böhmischen Nationalmuseums für meine Zwecke zu benutzen. Herr Dr. A. Brezina in Wien überliess mir nicht nur bereitwilligst Material zu näherer Untersuchung, sondern ermöglichte es mir auch, das überreiche Material der Wiener Collection zu studiren. In ebenso liebenswürdiger Weise haben Herr Prof. Becke in Prag und Herr Prof. Hofmann in Přibram mir Material zur eingehenderen Untersuchung geliehen und das Uebrige in den ihnen unterstellten Sammlungen zugänglich gemacht. Herrn G. Seligmann in Coblenz bin ich insbesondere verpflichtet für die durch lange Zeit gewährte Ueberlassung des vorzüglichen Materials seiner Privatsammlung. Meinen ganz speciellen Dank aber möchte ich Herrn Prof. Dr. P. Groth, meinem hochgeehrten Lehrer, auf dessen Anregung ich diese Arbeit unternahm, aussprechen, nicht allein für die Ueberlassung des werthvollen Materials der Münchener Staatssammlung und für die freundliche und entgegenkommende Unterstützung, die er mir bei der Bestimmung der Methoden und Ziele der vorliegenden Arbeit gewährte, sondern ganz besonders für die im Allgemeinen von ihm empfangene, äusserst werthvolle Anleitung und Belehrung auf dem Gesammtgebiete der Mineralogie und Krystallographie.

Anhang.

Wärmeleitung des Antimonit und Bournonit.

Im Folgenden sind die Ergebnisse einiger Experimente über die Wärmeleitung von Antimonit und Bournonit zusammengefasst. Die Versuche wurden vermittelst der von Prof. Dr. Röntgen in Würzburg erfundenen und in dieser Zeitschrift **3**, 17 beschriebenen Methode ausgeführt.

Das erste der beiden genannten Mineralien eignet sich besonders zu Experimenten, bei denen diese Methode zur Anwendung gelangt, indem die aussergewöhnlich vollkommene Spaltbarkeit desselben nach {010} zur Vornahme der Versuche ausgezeichnete Flächen bietet. Ausserdem bot sich hierbei die Gelegenheit die Frage zu prüfen, ob die von Drude (s. diese Zeitschr. **18**, 648) gefundenen Abweichungen gewisser optischer Eigenschaften des Antimonit von der rhombischen Symmetrie von Zufälligkeiten

in der Beschaffenheit seines Materials abhängen oder nicht, d. h. ob sich auch eine Verschiedenheit der Orientirung der Axen des Wärmeleitungsellipsoides von derjenigen der krystallographischen Axen ergeben würde, in welchem Falle der Antimonit nicht dem rhombischen Systeme angehören könne.

Aus ungewöhnlich grossen Krystallen ungarischen Antimonglanzes wurden nun frische und vollkommen ebene Spaltungsplatten hergestellt, im kalten Zimmer (im Winter) behaucht, die Spitze einer heissen Nadel möglichst genau senkrecht aufgesetzt, bis die entsprechende Ellipse, innerhalb deren die Feuchtigkeit verdunstet ist, eine genügende Grösse und Schärfe angenommen hatte, dann Lycopodiumsamen aufgestreut und nach raschem Umkehren der auf das Innere der Ellipse gefallene Theil desselben abgeklopft. Der ganze Vorgang — das Anhauchen der Fläche, die Erzeugung der Figur, das Bestreuen und nachherige Abschütteln des Pulvers — beansprucht nur eine Zeitdauer von ungefähr fünf Secunden.

Die Figuren besassen eine ausgeprägt elliptische Form. Die längere Axe der Ellipse verlief parallel der c-Axe des Krystalles. In Fig. 18 ist der zu dem Versuche verwendete Krystall in ca. $\frac{1}{2}$ natürlicher Grösse mit einer der grösseren Ellipsen dargestellt. Um festzustellen, ob die längere Axe der Ellipse genau parallel der verticalen Axe des Krystalles verlaufe, wurde folgendes Verfahren eingeschlagen: Der Krystall mit einer der besten unter den erzeugten Figuren wurde auf dem horizontalen, drehbaren Objecttische des von P. Groth (s. dessen Physikal. Krystallographie 2. Aufl. S. 666) modificirten Elasticitätsapparates von Warburg und Koch befestigt. Einer der Fäden des Mikroskopes wurde auf die vollkommen geradlinige Krystallkante $c\,c'$ eingestellt, und dann vermittelst der Mikrometerschrauben die Mitte des Fadenkreuzes mit dem Punkte zur Coincidenz gebracht, wo die Nadelspitze die Krystallfläche berührt hatte, worauf die Stellung des drehbaren Objecttisches abgelesen wurde. Vermittelst der dem verticalen Faden parallelen Mikrometerbewegung wurde dann der Schnittpunkt des Fadenkreuzes auf einen der Punkte verlegt, wo der Kreuzfaden y den Rand der Ellipse schnitt und eine Ablesung der Mikrometerschraube vorgenommen, darauf zu dem gegenüberliegenden Punkte gerückt, worauf abermals abgelesen wurde. Der Unterschied war gleich der Länge des grössten Durchmessers der Ellipse. In derselben Weise wurde die Länge des kleinsten Durchmessers bestimmt. Der Krystall wurde nun um 5° nach links gedreht und der längere, als y' bezeichnete Durchmesser, der mit dem ersteren Durchmesser einen Winkel von 5° bildete, gemessen. In derselben Weise wurde eine Reihe von fünf Durchmessern, die je 5° von einander abstanden, an jeder Seite von y gemessen. Nachstehend folgen die sich auf drei Ellipsen beziehenden Messungen:

$y = 6,22$ mm

$-y' = 6,22$	$y' = 6,23$
$-y'' = 6,15$	$y'' = 6,13$
$-y''' = 6,05$	$y''' = 6,04$
$-y^{IV} = 5,89$	$y^{IV} = 5,94$
$-y^{V} = 5,70$	$y^{V} = 5,72$

$y = 3,21$ mm

$-y' = 3,17$	$y' = 3,17$
$-y'' = 3,15$	$y'' = 3,16$
$-y''' = 3,13$	$y''' = 3,13$
$-y^{IV} = 3,11$	$y^{IV} = 3,09$
$-y^{V} = 3,05$	$y^{V} = 3,03$

$y = 5,48$ mm

$-y' = 5,47$	$y' = 5,48$
$-y'' = 5,41$	$y'' = 5,42$
$-y''' = 5,33$	$y''' = 5,30$
$-y^{IV} = 5,16$	$y^{IV} = 5,17$
$-y^{V} = 5,06$	$y^{V} = 5,04$

Diese Messungen deuten ohne Zweifel darauf hin, dass y, die läng Axe der Ellipse, der Krystallkante cc' und daher auch der krystallograp schen Axe c parallel liegt, da die entsprechenden Durchmesser der Ellips an jeder Seite von y symmetrisch zu y abnehmen. Hieraus ist der Schlus zu ziehen, dass die Wärmeleitungsfiguren des Antimonit auf ein durchaus rhombisches Mineral hinweisen.

Was das Verhältniss zwischen den beiden Axen der Ellipse betrifft, so ergaben die nachstehend angeführten zehn Messungsreihen eine Aenderung, die der Grösse der Ellipse entspricht, indem die grösseren Ellipsen die relativ grössere Verschiedenheit der Axen aufweisen. Wie in dem oben citirten Aufsatze von Röntgen dargethan wird, ist dies so zu erklären, dass die anfangs von der Nadel durch die Luft ausströmende Wärme auf die Ellipse eine Einwirkung ausübt, die sich darin äussert, dass die Ellipse eine gleichmässiger kreisförmige Gestalt annimmt.

	y	x	
(1)	2,72	2,03	= 1,339
(2)	2,75	2,01	= 1,368
(3)	2,94	2,27	= 1,295
(4)	3,15	2,38	= 1,327
(5)	3,21	2,42	= 1,322
(6)	3,33	2,46	= 1,353
(7)	3,84	2,88	= 1,326
(8)	4,22	3,05	= 1,383
(9)	5,48	3,92	= 1,397
(10)	6,22	4,40	= 1,436

Nebenbei wurde noch ein weiterer Beweis für die rhombische Natur des Antimonit durch die Druckfiguren geliefert, die von der zur Erzeugung der Ellipsen verwendeten Nadelspitze hervorgebracht wurden (Fig. 18 bei *b* und auf beistehendem Holzschnitte). Man könnte dieselben als Rechtecke mit einspringenden Winkeln an jedem Ende bezeichnen. Die Figuren stehen ihrer Längsseite nach rechtwinkelig zur verticalen Axe und folglich auch zu der längeren Axe der Wärmeleitungsellipse (vgl. Fig. 18 *b*). Wird die Nadel schräg gehalten, so entsteht nur die Hälfte des bei einer normalen Haltung der Nadel zur Fläche erzeugten Bildes (vgl. beistehende Fig. *a* und *c*).

Wärmeleitung des Bournonit.

Die Versuche, die mit Bournonit angestellt wurden, waren weniger befriedigend, als diejenigen mit Antimonit, erstens wegen der geringeren Grösse der Krystalle, die eine entsprechende Kleinheit der Ellipsen und daher minder genaue Resultate bedingte; zweitens wegen des gleichmässig unebenen Charakters der Bournonitfläche {001}, die allein bei den zur Verfügung stehenden Krystallen zur Vornahme der Versuche hinreichend gross war.

Der Krystall, der sich am besten zu dem vorliegenden Zwecke eignete, befand sich unter den Krystallen aus Přibram (Krystall Nr. 2, Fig. 1). Die Figuren, die in diesem Falle gewonnen wurden, waren ebenfalls Ellipsen, wichen aber nur um einen so geringen Betrag von der Kreisform ab, dass das unbewaffnete Auge sie kaum von letzterer zu unterscheiden vermochte. Durch die Messungen wurden sie aber in jedem einzelnen Falle als wirkliche Ellipsen ausgewiesen, deren längere Axe parallel der zwischen dem Brachydoma *n*{011} und dem Brachypinakoid *b*{010} liegenden Kante verlief. Fig. 19 zeigt in dreifacher Vergrösserung den eben erwähnten Krystall von Přibram, mit einer der besten Ellipsen, die auf der Fläche {001} erzeugt werden konnten. Der durch die Unebenheit der Fläche bedingte unregelmässige Ellipsenrand gestattete nicht so genaue Messungen, wie sie beim Antimonit angestellt wurden. Es wurde eine Reihe von 36 Durchmessern, die um Winkel von 5^0 von einander abstanden und die Ellipse in 72 Segmente theilten, gemessen. Der Durchschnitt von y und y' mit fünf zwischen, ihnen liegenden Durchmessern, die mit einander einen Winkel von 30^0 bildeten, wurde als Werth von y' angenommen, in der gleichen Weise ein Durchschnitt der zwischen y bis inclusive $-y'$ liegenden Durchmesserwerthe als Werth von y', und ein Durchschnitt der zwischen x und x', und x und $-x'$ liegenden als Werth von x' bezw. $-x'$.

Die Resultate sind mit den gesonderten Werthen von x und y nachstehend mitgetheilt:

$y = 1{,}93$ mm	$x = 1{,}86$ mm
$y, y' = 1{,}928$	$x, x' = 1{,}895$
$y, -y' = 1{,}928$	$x, -x' = 1{,}882$

Nach diesen Messungen sind y' und $-y'$ gleich, während der Unterschied von x' und $-x'$ nur 0,013 mm beträgt, woraus hervorgeht, dass um jede der beiden Ellipsenaxen ein Symmetrieverhältniss besteht.

Im Folgenden ist ein Vergleich der Verhältnisse $y : x$ und $x : y$ gegeben, wie sie aus den an fünf verschiedenen Ellipsen vorgenommenen Messungen dieser Durchmesser sich ergaben:

	y		x		Verhältniss:
(1)	1,63	:	1,57	=	1,0382
(2)	1,64	:	1,54	=	1,0648
(3)	1,79	:	1,65	=	1,0848
(4)	1,92	:	1,85	=	1,0387
(5)	1,93	:	1,86	=	1,0376

	x		y		Verhältniss:
(1)	1,57	:	1,63	=	0,9680
(2)	1,54	:	1,64	=	0,9390
(3)	1,65	:	1,79	=	0,9217
(4)	1,85	:	1,92	=	0,9632
(5)	1,86	:	1,93	=	0,9637

Wegen der geringfügigen Unterschiede in der Grösse der Ellipsen sowohl, wie wegen der minderen Beschaffenheit der letzteren konnte nicht festgestellt werden, ob, wie im Falle von Antimonit, das Verhältniss der Axen mit der Grösse in annähernd gleichem Maasse wechselt.

In der zweiten Verhältnissreihe $x : y$ ist eine ziemlich nahe Uebereinstimmung mit dem Verhältnisse der krystallographischen Axen a und b ($a : b = 0{,}9379$) zu constatiren, da aber x parallel zur Axe b und y parallel zur Axe a ist, so liegt das Verhältniss der durch x und y dargestellten Werthe der Wärmefortpflanzung nahe dem umgekehrten Verhältnisse der krystallographischen Axen, zu denen sie parallel stehen.

XIII. Auszüge.

1. **F. Kretschmer** (in Sternberg, Mähren): **Die Mineralfundstätten von Zöptau und Umgebung** (Tscherm. min.-petr. Mitth. 1894, 14, 156).

H. Graber (in Prag): **Diopsid und Apatit von Zöptau** (Ebenda 265).

Die bekannten Mineralvorkommnisse der Umgebung von Zöptau finden sich auf Gängen innerhalb eines wechselnden Systems von Glimmergneiss, Hornblendegneiss, Chloritgneiss und Hornblendeschiefer, welche als Bestandtheile der typischen Gneissformation der Sudeten aufgefasst werden, und zwischen welchen eingeschaltet Granit und Diorit vorkommen. Man kann hauptsächlich zwei Typen des Auftretens der Mineralien unterscheiden, die einen — vor allem Chrysoberyll, Beryll und Granat — finden sich als Bestandtheile echter pegmatitischer Gänge, welche die Schiefer in der Nähe des Granites durchsetzen; die Art der Ausbildung der anderen dagegen lässt sich am besten mit den vom Ref. [1]) kürzlich ausführlich beschriebenen mineralreichen Gängen der Titanformation der Centralalpen vergleichen, mit welchen auch die allerdings viel weniger abwechslungsreiche Mineralparagenesis übereinstimmt. In den Gängen der zweiten Art wurden beobachtet Albit, Adular, Epidot, Titanit, Titaneisen, Apatit, Diopsid, Prehnit, Kalkspath und Quarz, welche theils auf den Wänden der Klüfte aufgewachsen sind, theils in einem braunen, fasrigen Letten eingebettet liegen, welcher stets die ganze Kluft ausfüllt, und dann lassen die Mineralien häufig beiderseitige Ausbildung erkennen. Charakteristisch ist auch für die Minerallagerstätten von Zöptau, was in den centralalpinen Vorkommnissen keine Analogie findet, dass Albit und Prehnit sich gegenseitig in den verschiedenen Gängen vertreten können, aber auch sich gegenseitig ausschliessen. Der Prehnit findet sich vor allem in den quer zur Schichtung der Schiefer verlaufenden Gängen, der Albit hauptsächlich auf den Längsklüften. Der Quarz bildet in sehr wechselnder Menge einen Bestandtheil dieser Gänge, bald vorherrschend und in grossen, flächenreichen Krystallen ausgebildet, bald sehr untergeordnet und unansehnlich. Was den Kalkspath endlich betrifft, so scheint derselbe nirgends in besonderer Menge vorhanden gewesen zu sein und ist im Allgemeinen wieder ganz weggeführt worden. Die Mineralien dieser Gänge sollen durch einen Auslaugungsprocess des Nebengesteines entstanden sein; doch möchte Ref., zumal im Hinblick auf die grosse Analogie in der hauptsächlich charakteristischen Mineralparagenesis dieser Vorkommnisse mit den centralalpinen, auf die Betrachtungen hinweisen, welche in der oben citirten Monographie über die Entstehung der Lagerstätten der Titanformation angestellt wurden.

Was die einzelnen Vorkommnisse betrifft, so werden zunächst diejenigen vom Pfarrerb (Pfarrgut) bei Zöptau eingehender besprochen, wo der Verf.

1) E. Weinschenk, Die Minerallagerstätten des Gross-Venedigerstockes in den Hohen Tauern. Diese Zeitschr. 26, 337.

durch Schürfungen eine Anzahl neuer Gänge aufgedeckt hat. Hier ganz besond tritt der Gegensatz zwischen Albit-führenden Längsklüften und Prehnit-führenc Querklüften deutlich hervor.

Von den hier untersuchten Gängen wird zunächst ein solcher genauer b sprochen, in welchem Prehnit in kamm- und linsenförmigen Krystallstöcken zu Theil als Unterlage, zum Theil als Ueberrindung von grossen Epidotkrystall auftritt. Die letzteren, welche leicht auseinanderbrechen, zeigen, wie es f dieses Mineral charakteristisch ist, deutliche Zonarstructur, ihr Kern ist dunkle ihre Hülle licht grün gefärbt. Sie weisen die Formen *M*, *l*, *T*, *r*, $\{\bar{1}07\}$, *n* und *o* au neben einfachen Krystallen finden sich zahlreiche Zwillinge. Die Krystalle si zum Theil an den Enden angefressen, und es haben sich öfters in den entsta denen Höhlungen Neubildungen kleiner Epidotkrystalle abgesetzt. Mit diese Mineralien zusammen wurden neuerdings auch dicktaflige, farblose bis lichtviolet Krystalle von Apatit aufgefunden, welche folgende Combination aufweisen $\{0001\}$ stets matt, $\{10\bar{1}0\}$ angeätzt, $\{11\bar{2}0\}$, $\{20\bar{2}1\}$, $\{11\bar{2}1\}$, $\{12\bar{3}1\}$, $\{13\bar{4}1$ letztere zwei in hemiëdrischer Ausbildung. Auch die Apatitkrystalle erscheine etwas corrodirt.

In einer zweiten, unweit von dieser aufgedeckten Kluft fanden sich Albi Epidot, Titanit, Titaneisen und Quarz, oft überzogen von einer asbestähnliche Masse. Die Krystalldrusen der Klüfte umschliessen öfters stark zersetzte Bruch stücke des Nebengesteines, welches ebenso wie der die Kluft begrenzende Horn blendeschiefer stark modificirt und zersetzt ist. Die Albitkrystalle sind durch sichtig, taflig nach *M* und gleichen denjenigen, welche Rose vom Col du Bonhomm beschrieb. Der Epidot zeigt die Combination *T*, *M*, *r*, *P*, seltener auch *l*, *i*, *e*, *n*, und *z*. Die Krystalle sind gleichfalls zonar aufgebaut und ebenso, wie die obe beschriebenen, namentlich an den Enden, stark angenagt.

Weiterhin finden sich mineralreiche Querklüfte in einem jetzt verlassene Topfsteinbruche am Storchberg, wo neben besonders regelmässig und oft be derseits ausgebildeten Epidotkrystallen rauhe, strohgelbe Kämme und Knollen vo Prehnit vorkommen. Am Epidot herrscht bald *M*, bald *M* und *T*, daneben wu den bestimmt *r*, *l*, *i*, *P*, *n*, *o*, *z*.

Ganz in der Nähe beobachtet man in demselben Hornblendegneiss Nest und Trümer von Pyroxen, dicht am Kirchsteige von Wermsdorf nach Zöpta Die Krystalle dieses Pyroxens sind theils frei ausgebildet, und dann stets etw verwittert, oder in Quarz eingewachsen und frisch. Die letzteren sind stark glä zend, lichtgrün gefärbt und zeigen die Combination $\{100\}$, $\{010\}$, $\{110\}$, $\{310$ $\{021\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{111\}$, $\{\bar{1}11\}$, letzteres nur als sehr schmale Abstumpfung. D spec. Gew. der Krystalle ist $= 3,30$, Auslöschungsschiefe auf $\{010\}$ in *Na*-Lic $40^0 14'$. $\beta_{Na} = 1,6943$, $2V_{Na} = 61^0 12$, $v > \varrho$. Ein Gehalt an Al_2O_3 kon mikrochemisch nachgewiesen werden, übereinstimmend mit dem hohen Wert der Auslöschungsschiefe. Zusammen mit diesem Minerale finden sich schlec ausgebildete Krystalle von Quarz.

Eine weitere Fundstelle findet sich im Riede Viehbich. Hier setzt ei vorwiegend Epidot und Titanit führende Kluft in einem festen Hornblendegest auf, welches in der Nähe der Kluft sehr epidotreich wird. Neben den ziemli grossen Krystallen von Epidot der Combination *T*, *M*, *r*, *n*, *o* findet sich der Tita zum Theil in kleinen vereinzelten Krystallen aufgewachsen, welche die Form $\{\bar{1}02\}$, $\{001\}$, $\{\bar{1}01\}$ und $\{110\}$ aufweisen, zum Theil eingebettet in einem gli merigen Thon [wohl zersetzter Chlorit, der Ref.] in grossen, nach $\{\bar{1}02\}$ taflig Krystallen der Combination $\{001\}$, $\{\bar{1}02\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{110\}$, $\{\bar{2}23\}$, $\{\bar{1}23\}$. Beglei

werden diese Mineralien von kleinen Albitkrystallen und von Adular der einfachsten Combination. Ganz ähnliche Fundpunkte liegen etwa 30 m oberhalb von dem eben beschriebenen und noch weiter aufwärts auf der Höhe Trausnitz, wo ein Nest von fächerförmigen Krystallgruppen von Epidot aufgefunden wurde, welcher, dünntaflig nach *T*, untergeordnet *M* und *r* zeigt und an beiden Enden der Orthodiagonale, nach welcher die Krystalle nicht stark verlängert sind, *o* und *n* erkennen lässt.

Im Schwarzgraben bei Wermsdorf in der Nähe eines Wasserfalles finden sich auf Querklüften im Amphibolit Prehnit, Quarz und Chlorit. Das erstere Mineral bildet häufig die Unterlage des Quarzes und findet sich anderntheils als Ueberrindung desselben. Scheibenförmige Bildungen von Prehnit, Einschnitte in den Quarzkrystallen und Chloritaggregaten weisen auf eine jetzt verschwundene ältere Bildung von tafligem Kalkspath hin. Der Prehnit bildet wulstige Aggregate, wo er als ältere Bildung auftritt; in deutlichen Krystallen der Combination {001}, {110}, {100}, {010}, {031} findet er sich auf dem Quarz aufgewachsen. Das letztere Mineral zeigt die gewöhnliche Combination mit *s* und *x* und bildet häufig Zwillinge. Der Chlorit findet sich in schwärzlichgrünen, hexagonalen Tafeln direct auf dem Amphibolit aufgewachsen.

Die von G. vom Rath unter der Bezeichnung »Spitzberg« beschriebenen grossen Quarzkrystalle (vergl. diese Zeitschr. 5, 1) stammen von einer Längskluft, welche unweit der Hackschüsselbaude bei Wermsdorf ansteht, und in welcher sie abgebrochen lagen, während auf dem Gesteine selbst nur kleinere Krystalle von Quarz neben Albit und Chlorit aufgewachsen vorkommen. In krystallographischer Beziehung konnten an den neueren Vorkommnissen von diesem Fundorte die Beobachtungen von vom Rath durchweg bestätigt werden. Ein Theil der Krystalle ist durch Einschlüsse von Chlorit grün, von Magnetit rauchgrau oder durch Ueberzug mit Eisenoxydhydrat gelb gefärbt, und diese Varietäten werden vom Verf. als Prasem, Rauchquarz und Citrin aufgeführt, wogegen Ref. betonen möchte, dass mit diesen Namen im Allgemeinen nur Varietäten bezeichnet werden sollten, welche dilut gefärbt sind.

Im Gegensatze zu den bisher besprochenen Mineralvorkommnissen finden sich Chrysoberyll, Beryll und kleine Krystalle von Granat [Almandin? der Ref.] als Bestandtheile pegmatitischer Gänge. Der durch das Vorkommen des Chrysoberylls berühmte Fundort liegt auf dem Schinderhübel bei Marschendorf. Der Pegmatit besteht vorherrschend aus Quarz, Feldspath und Muscovit, zu welchen sich die dünnen Tafeln von Chrysoberyll, kleine colombinrothe Krystalle von Granat der Combination {100}, {112} und matte, grünlichweisse Prismen von Beryll gesellen. Dagegen finden sich die grossen, glasglänzenden, seladongrünen Berylle hier nicht, sondern diese stammen vielmehr aus dem Brenngraben zwischen Marschendorf und Zöptau, wo sie unter ähnlichen Verhältnissen sich finden und ebenfalls von Granat, nicht aber von Chrysoberyll begleitet werden.

Ref.: E. Weinschenk.

2. G. Tschermak (in Wien): **Ueber den Smirgel von Naxos** (Tscherm. min.-petr. Mitth. 14, 311).

Der Smirgel findet sich im nordöstlichen Theile der Insel Naxos zwischen den Dörfern Wothri und Apiranthos, wo er in zahlreichen Linsen von 5—50 m Mächtigkeit im körnigen Kalke eingelagert vorkommt und durch Steinbrucharbeit gewonnen wird. In den meisten Fällen ist er plattig bis schiefrig ausgebildet, nur selten hat er massiges Aussehen. Die hauptsächlichsten Gemengtheile des Smirgels

sind Korund und Magnetit, welch letzterer manchmal attractorisch magnetisch ist. Daneben beobachtet man Rotheisen und Limonit, sodann besonders häufig Margarit. Ebenso sind Turmalin, Muscovit, Chloritoid und Diaspor gewöhnlich vorhanden, mehr untergeordnet Disthen, Staurolith, Biotit, Rutil und selten Spinell, Vesuvian und Pyrit. Der Hauptgemengtheil, der Korund, bildet meist rundliche Körner, nur wo er von Magnetit rings umschlossen wird, beobachtet man Krystalle, an welchen Prisma, Pyramide und Basis ausgebildet sind. Hin und wieder ist das Mineral in wolkiger und zonarer Weise blau gefärbt mit deutlichem Pleochroismus: ω blau, ε meergrün. Die Grösse der Individuen des Korunds schwankt zwischen 0,05 und 0,5 mm. Der Magnetit findet sich selten in Oktaëdern, meist in Körnern und namentlich als feiner Staub, oder er bildet grössere Putzen, in welchen der Korund eingewachsen ist. An einzelnen Smirgelsorten, so von Kakorýakos, Macherà, Sideritis, zeigt sich die Bruchfläche eigenthümlich schimmernd, was dadurch hervorgebracht wird, dass grössere Magnetitkörner zahlreich vorhanden sind, welche in Folge von Zwillingslamellirung nach $\{111\}$ eine vollkommene Theilbarkeit besitzen. Was die Mengenverhältnisse der Mineralien betrifft, so bildet der Korund etwa die Hälfte des Gesteines in den durchschnittlichen Proben, Magnetit ein Drittel und der Rest vertheilt sich in verschiedenem Verhältniss auf die Nebengemengtheile.

Ref.: E. Weinschenk.

3. **A. Pelikan** (in Wien): **Ein neues Vorkommen von Pyrophyllit** (Tscherm. min.-petr. Mittheil. 1894, **14**, 379).

Das Mineral, welches neben Quarz den Lazulith von Krieglach in Steiermark begleitet, ist nach seinem Löthrohrverhalten und seinen optischen Eigenschaften Pyrophyllit.

Ref.: E. Weinschenk.

4. **E. Hussak** (in São Paolo): **Mineralogische Notizen** (Ebenda 395). — Im ersten Theile wird eine Zusammenstellung der Eigenschaften des Baddeleyit gegeben, welche schon früher im Neuen Jahrb. f. Mineral. etc. mitgetheilt worden sind (vgl. 1892, **2**, 141 und 1893, **1**, 89; Ref. diese Zeitschr. **24**, 164). Hinzugefügt ist nur die Beobachtung, dass nach dem Auflösen des Minerals in der Boraxperle sich beim Erkalten in derselben kleine, sternförmige Krystallisationen ausscheiden, welche monosymmetrisch sind und eine Auslöschungsschiefe von 15^0 besitzen. Was die wechselnde Farbe des Baddeleyits betrifft, so wird dieselbe vom Verf. einem wechselnden Eisengehalte zugeschrieben, womit aber die Beobachtung im Gegensatze steht, dass sich die Krystalle in der Hitze entfärben. Eine neuere Bestimmung des spec. Gew. ergab 5,5.

Auch über das Vorkommen der Begleitmineralien werden einige neue Angaben gemacht. Der Apatit findet sich sowohl im Jacupirangit wie im Contactmarmor, im ersteren Gesteine auch in kleinen Gängen, im letzteren in schlierenartigen Anreicherungen. Der Magnetit tritt ebenfalls im Massengesteine und im Contactgesteine auf; er enthält 16—20 % TiO_2 und 1,5 % MgO. An den vorzüglich ausgebildeten Ilmenitkrystallen wurde ausser den früheren noch die Form $\{02\bar{2}1\}$ beobachtet. Einige der Ilmenit ähnlichen Krystalle waren langprismatisch ausgebildet und zeigten die Combination $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, beide stark horizontal gestreift, ein steiles Rhomboëder und $\{0001\}$ klein, die beiden letzteren Formen überaus glänzend und vollkommen eben. Die Messung des Winkels des Rhomboëders zu $\{0001\}$ ergab $74^0 50'$, ein Werth, welcher bei Annahme des Axenverhältnisses des Ilmenits auf ein sehr complicirtes Zeichen führt. Das Mineral erscheint in Splittern violettbraun durchsichtig und giebt qualitativ eine

starke Magnesiareaction, weshalb es Verf. mit dem »Pikrotitanit« von Dana vergleicht.

Ref. möchte darauf aufmerksam machen, dass das von Friedel und Guérin dargestellte Titansesquioxyd dieselbe Farbe besitzt, und dass es nicht ausgeschlossen erscheint, dass das hier vorliegende Mineral ein dem letzteren nahestehendes ist. Zu einer quantitativen Untersuchung war zu wenig Material vorhanden. — Ferner ergab die eingehendere Untersuchung, dass das früher für Eisenspinell gehaltene reguläre Mineral kein Spinell sein kann, sondern den qualitativen Untersuchungen nach eine neue Zirkonverbindung sein muss. Dasselbe hat Härte = 7, spec. Gew. = 3,2 und ist in Splittern braun durchsichtig.

Neu aufgefunden wurde Titanit in hellcitrongelben, spiessigen, bis 5 mm grossen Krystallen der Combination {110}, {111} in den Sanden; im festen Gesteine selbst wurde er nicht beobachtet. Ferner Mikrolith in kleinen hell- bis dunkelbraunen, wachsglänzenden, scharf ausgebildeten, durchscheinenden, optisch isotropen Oktaëdern. In grösserer Menge fand sich dasselbe Mineral bei Ouro Preto, Minas Geraës, wo es vermuthlich aus zersetzten Granitgängen stammt. Endlich wurden zu Jacupiranga sehr seltene, hellweingelbe, spitzpyramidale Zirkone und einige hellrothe Granatdodekaëder in den Sanden beobachtet. Im Contactmarmor fanden sich ferner noch Asbest und rhomboëdrische Krystalle von Chlorit.

Schwefelkryställchen in umgewandelten Pyritkrystallen von Ouro Preto wurden gemessen und die Combination bestimmt: {111}, {115}, {117}, {113}, {112}, {135}, {133}, {131}, {001}, {110} und {114}.

Krystalle von Skorodit von der Goldmine Antonio Pereira bei Ouro Preto, welche bei der Zersetzung goldhaltigen Arsenkieses entstanden sind, erwiesen sich in Folge nichtparalleler Verwachsungen als nicht gut geeignet zu goniometrischen Messungen. Bestimmt wurden an lebhaft glänzenden, stets pyramidal entwickelten Krystallen {111}, {010}, {110}, {120} und {100}.

Ref.: E. Weinschenk.

5. **F. Becke** (in Prag): **Uralit aus den Ostalpen** (Tscherm. min.-petr. Mitth. 1894, **14**, 476).

Am Grossen Mostock, nordöstlich von Sand im Ahrnthal, Tirol, finden sich im Glimmerschiefer Amphibolite, welche lagenweise Uralitkrystalle der gewöhnlichsten Augitform enthalten, die aus dem Gesteine auswittern. Gemessen wurde (100):(110) = 46°, (110):(1$\bar{1}$0) = 91°, ($\bar{1}$11):($\bar{1}\bar{1}$1) = 60°. Aehnliche, nur nach {100} taflige Krystalle von Uralit finden sich auch bei Neumarkt in Steyermark.

Ref.: E. Weinschenk.

6. **F. Katzer** (in Prag): **Beiträge zur Mineralogie Böhmens**[1] (Ebenda 1894, **14**, 483).

Galenit von Borek bei Kralowitz. Am Steilufer des Střelaflusses unterhalb Kralowitz treten in Diabasgängen, welche die Phyllite durchbrechen, Nester und Adern von Quarz mit Bleiglanz auf; letzterer ist etwas antimon- und silberhaltig. Im Diabas selbst ist Pyrit häufiger Gemengtheil, und auf benachbarten Calcitgängen findet sich in der Gangmitte Calcit in Rhomboëdern.

Galenit von Steben bei Jechnitz. In einer sich rasch auskeilenden Kluft im Granit fand sich etwa 1 km östlich von Steben in erdiger, kaolinartiger Masse eingebettet Bleiglanz in abgerundeten und abgerollten Stücken. Der Blei-

1) Vergl. diese Zeitschr. **24**, 428.

glanz erwies sich als fast reines PbS, und in der Gangmasse wurden nur geringe Mengen von Carbonaten, nicht aber von Bleicarbonat nachgewiesen. Die Herkunft dieses auf secundärer Lagerstätte angetroffenen Bleiglanzes ist nicht klar ersichtlich, wenn auch Bleiglanz auf primärer Lagerstätte in der weiteren Umgebung nicht fehlt. So waren früher auf dieses Mineral in der Nähe von Wedl bei Jechnitz Betriebe vorhanden, die aber zu wenig Material lieferten, und in ostsüdöstlicher Richtung etwa 10,5 km von Steben entfernt liegt bei Čistá der sogenannte Bergwerksberg, in welchem eine grössere Anzahl verfallener Stollen vorhanden sind, auf denen schwach goldhaltige Kiese, silberhaltiger Bleiglanz, Zinkblende, Bournonit und Arsenkies gefördert wurden.

Amethyst vom Fiolník-Berge bei Hammerstadt. In den zahlreichen Pegmatiten, welche den Magneteisenstock des Fiolník-Berges und die umgebenden Schiefer durchsetzen, finden sich jüngere Adern von violblauem Amethyst, hin und wieder auch ausgebildete Krystalle.

Opal aus dem Mlaker Revier bei Pisek. Etwa 2 km südlich vom Jägerhause Mlak beobachtet man im Gneiss einen Pegmatitgang, welcher z. Th. in ganz unregelmässiger Weise zu Opal zersetzt ist, neben welchem Kaolin nur in untergeordneter Weise beobachtet wurde. Namentlich die feldspathreichen Partieen scheinen zu Opal umgewandelt zu sein, während der eigentliche Schriftgranit erhalten geblieben ist. Die Opalmasse, welche bis 1 m mächtig wird, ist ziemlich compact, aber nicht gleichartig, sondern gelbe bis braune und milchweisse bis bläuliche Partieen verfliessen ineinander, doch herrscht der gelbe Opal vor. Der letztere ist wachs- bis schwefelgelb, seltener bräunlich, hat muschligen, etwas rauhen Bruch, matten Fettglanz und die Härte = 6,5. Der Opal ist sehr spröde. Spec. Gew. = 2,294. Vor dem Löthrohre unschmelzbar, zerknisternd, verfärbt sich braun. Analyse I giebt die Zusammensetzung einer mit Kalinatroncarbonat aufgeschlossenen Probe, Analyse II wurde nach dem Auflösen des Minerals in heisser Salzsäure ausgeführt. Die Zersetzung durch HCl war vollkommen, dagegen konnten durch Digeriren mit KOH nur 77,53 % in Lösung gebracht werden. Der bläulichweisse Opal ist glänzender, glatt, oft etwas splitternd im Bruch, die Härte ein wenig höher, spec. Gew. = 2,313. Er knistert vor dem Löthrohre und brennt sich weiss. Analyse III giebt die Zusammensetzung desselben, ermittelt durch Aufschliessen mit kohlensaurem Natronkali. Auch dieser kann durch Abdampfen mit HCl völlig in Lösung gebracht werden, dagegen lösten sich in KOH von dem geglühten Pulver nur 67,12 %.

	I.	II.	III.
H_2O	5,77	—	5,35
SiO_2	84,86	84,92	90,62
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	6,56	6,34	3,18
$CaO + MnO$	Spur	—	Spur
MgO	2,21	—	1,02
$K_2O + Na_2O$	0,60	—	Spur
	100,00		100,17

Limonit nach Pyrit im Plöckensteingranit. Bei Plöckenstein auf der bayerischen Seite fand Verf. Pseudomorphosen von Limonit nach Pyrit im zersetzten Granit, welche sich mit glatten Flächen herauslösen und meist im Inneren von kleinen Granitäderchen durchzogen sind.

Andalusit und Turmalin von Čejov bei Humpoletz. Von dem früher besprochenen Andalusitvorkommen (l. c.) wurden in neuen Anbrüchen grosse

fächerförmige Partieen langsäulenförmiger Krystalle im Quarz, Feldspath und Glimmer des Pegmatits eingewachsen aufgefunden. Die Krystalle sind begrenzt von {110}, selten auch {210} und haben hin und wieder als Endfläche das unebene {001} allein; nur wo die Krystalle in Quarz hineinragen, sind deutlichere Begrenzungsflächen von {011} zu beobachten. Gegen den Glimmer blättert sich das Mineral überhaupt ganz auf. Begleitet wird der Andalusit von Cordierit, welcher namentlich in den Grenzzonen gegen Glimmer in tiefblauen Körnern dem Andalusit eingewachsen ist; das Mineral füllt hie und da auch Klüfte aus, welche den Andalusit quer durchsetzen, niemals aber findet es sich inmitten der frischeren Andalusitstengel, er wird daher für secundär angesehen. Die Krystalle des Andalusit sind meist fleckig gefärbt; lichtrothe, netzförmige Partieen umschliessen solche von tiefer hyacinthrother Farbe. Die Härte des Minerals ist 6,5, was auf nicht vollkommene Frische hinweist. Das Pulver ist rosenroth und wird durch Glühen lichter [was nicht auf eine aus dem Vergleiche der unten mitgetheilten Analysen geschlossene Färbung durch Fe_2O_3 hinweist. Der Ref.]. Spec. Gew. = 3,119. Zur Analyse wurden die dunklen Partieen (I) von den lichteren (II) getrennt und beide für sich untersucht.

	I.	II.
SiO_2	38,15	38,52
Al_2O_3	60,11	60,59
Fe_2O_3	1,52	
Glühverlust	0,99	0,99
	100,77	100,10

Der Ueberschuss der SiO_2 wie der geringe H_2O-Gehalt weisen auf beginnende Zersetzung.

Mit dem Andalusit kommen strahlige Partieen dünner, aber bis meterlanger Turmalinprismen vor, zwischen deren Stengel sich blättriger Muscovit einlagert. Das Mineral ist schwarz, öfters etwas zersetzt und dann im Kern weiter umgewandelt als in den Randzonen. Das Pulver ist grau und wird durch Glühen rothbraun. Härte meist unter 7; spec. Gew. = 3,166; vor dem Löthrohre schwillt er an und schmilzt nur in dünnen Splittern. Eine Partialanalyse des Minerals, in welchem Fluor nicht nachgewiesen werden konnte, ergab: H_2O 2,24, SiO_2 38,01, Al_2O_3 31,72, Fe_2O_3 13,86, MnO Spur, MgO 2,05, CaO Spur.

Andalusit von Sedlitz bei Moldauthein. Die strahligen Aggregate dieses Vorkommnisses sind mehr verbogen und zerbrochen und mit Feldspath, auch mit Quarz wieder verkittet. Begleitet wird das Mineral von älteren Granatkrystallen der Form {211} und selten von Cordierit in ähnlicher Weise, wie bei dem vorigen beschrieben wurde, mit dem er auch sonst übereinstimmt. Die Analyse ergab: SiO_2 37,34, Al_2O_3 60,84, Fe_2O_3 1,40, Glühverlust 1,27, K_2O Spur, Summe 100,85. Also ist auch hier beginnende Zersetzung nachzuweisen.

Andalusit von Kloub bei Protivin. Der Andalusit bildet hier Nester von kleinstengligen Aggregaten, welche noch etwas weiter zersetzt sind, als die eben besprochenen; spec. Gew. = 3,063.

Sillimanit von Humpoletz. In einem Cordieritgesteine finden sich Lagen und Krusten von seidenglänzenden, feinfasrigen Aggregaten von Sillimanit, deren Härte scheinbar bis 2 heruntergeht; doch erscheinen die feinen Nadeln unter dem Mikroskope frisch; spec. Gew. = 3,153. Analysirt wurden eine feinfilzige Partie (I) und mehr stenglige in Quarz eingewachsene Aggregate (II).

	I.	II.
Glühverlust	2,40	0,99
SiO_2	37,11	43,12
Al_2O_3	60,54	55,81
Fe_2O_3	Spur	—
CaO	0,38	0,42
	100,43	100,34

Der merkwürdig hohe Wassergehalt der ersten Analyse, welcher in dem unter dem Mikroskope vollständig frischen Minerale auffallend erscheint, möchte Ref. damit erklären, dass derartig feinfilzige Aggregate hygroskopisches Wasser ausserordentlich fest halten, so dass es hin und wieder erst bei starker Glühhitze vollkommen ausgetrieben wird.

Cordierit von Humpoletz. Von dem l. c. beschriebenen Cordierit wurde eine Analyse ausgeführt.

Glühverl.:	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	MnO	Summe:	Spec. Gew.:
0,99	50,13	32,11	2,24	6,37	8,47	0,32	100,63	2,696

Die Analyse stimmt, abgesehen von dem Glühverluste, mit der gewöhnlich angenommenen Cordieritformel.

Pinguit von Spaniow bei Taus. Das Mineral, welches in knolligen Massen Lagen zwischen zersetztem Vitriolschiefer bildet, dürfte ein Zersetzungsproduct von Feldspath darstellen. Es ist dicht, gelbgrün bis spargelgrün, weich und fettig und haftet etwas an der Zunge; spec. Gew. = 2,727. Bei starkem Erhitzen wird es grauschwarz unter Wasserverlust und schmilzt schwierig an den Kanten zu schwarzer, magnetischer Schlacke. Mit KOH wird es braun, löst sich aber nicht völlig; dagegen zersetzt es conc. H_2SO_4 unter Abscheidung pulvriger SiO_2. Das Mineral verliert bei 110° 16,53 % Wasser, bei 200° weitere 0,34 %, bei 250° 0,22 %, bei Rothglühhitze 5,68 %. Daher möchte Verf. 16,53 % H_2O als Hydratwasser [wohl nicht als hygroskopisches, wie im Original steht. Der Ref.], den Rest als Constitutionswasser betrachten. Die Analysen von gelblichgrünem, schuppigerdigem (I) und von ölgrünem, seifenartigem (II) Pinguit ergaben:

	I.	II.
Glühverlust	22,09	22,77
SiO_2	41,62	41,05
Fe_2O_3	35,79	34,42
Al_2O_3	Spur	1,50
CaO	1,04	0,98
	100,54	100,72

Höferit, ein neues Mineral der Nontronitgruppe von Křitz bei Rakonitz. In dem aufgelassenen Antimonbergbau von Křitz findet sich ein weiches, amorphes Mineral als Anflug und in dünnen Ueberzügen, namentlich auf zersetztem Phyllit. Dasselbe ist schön zeisiggrün, erdig und lässt sich leicht schaben, spec. Gew. = 2,34. Vor dem Löthrohre färbt es sich rothbraun und schmilzt schwer zu schwarzer, magnetischer Schlacke. Verdünnte Säuren wirken nicht ein und auch durch concentrirte H_2SO_4 und HF ist die Zersetzung nur eine theilweise. Zwei Analysen von sorgfältig gereinigtem lufttrockenem Material ergaben:

	I.	II.
Glühverlust	18,15	18,20
SiO_2	36,14	35,88
Fe_2O_3	45,26	46,64
Al_2O_3	1,11	
	100,66	100,72

Das Mineral verliert bei 110° nur einen sehr geringen Theil seines Wassers, ein charakteristischer Unterschied gegenüber dem Nontronit. Dasselbe hat die Formel $2Fe_2O_3.4SiO_2.7H_2O$ und erhielt den Namen Höferit.

Ref.: E. Weinschenk.

7. F. W. Pfaff (in Freiburg i. B.): **Beiträge zur Erklärung über die Entstehung des Magnesit und Dolomit** (N. Jahrb. f. Mineral. etc. **9**, 485).

Nachdem eine grössere Anzahl von Versuchen, Dolomit direct unter den in der Natur vorhandenen Verhältnissen künstlich darzustellen, negativ ausgefallen waren, machte Verf. die Beobachtung, dass sich Magnesit nur wenig, dagegen kohlensaurer Kalk mehr und Magnesia alba in ziemlich bedeutender Menge in Schwefelammon auflöst, und dass sich aus einer derartigen Lösung, welche Kalk und Magnesia gleichzeitig enthält, beim Eindampfen ein deutlich krystallinischer Niederschlag bildet, welcher mit verdünnter HCl behandelt einen Rückstand lässt, der in concentrirterer Säure sich erst bei Erwärmung unter Aufbrausen auflöst und Kalk und Magnesia enthält. Ganz ebenso zeigte sich eine Löslichkeit derselben Substanzen in schwefelwasserstoffhaltigem Wasser. Es wurden nun folgende Versuche ausgeführt: Eine Schwefelwasserstofflösung von kohlensaurem Kalk und Magnesia wurde mit Kochsalz versetzt und unter Einleitung von CO_2 zwischen 50° und 60° eingedampft. Nach wiederholtem Auswaschen des Rückstandes mit verdünnter HCl (1 : 100) blieben krystalline, doppeltbrechende Körner zurück, welche nur sehr wenig Kalk enthielten. Unter denselben Verhältnissen lieferte eine Lösung in Schwefelammon deutliche Rhomboëder, welche in Salzsäure in der Kälte nicht löslich waren. Ihre Zusammensetzung giebt Analyse I (ausgef. von Prof. Hoppe-Seyler). Getrennte Lösungen von Kalk und Magnesia in H_2S-Wasser wurden im Verhältniss 1 CaO zu 1 MgO gemischt und weiter wie die bisherigen behandelt; Resultat: Analyse II (Dr. Walter). Dann wurden Lösungen von Kalk und Magnesia in H_2S-haltigem Wasser aus mittelst Aetznatron gefälltem Kalk und Magnesiahydrat dargestellt. Resultat: amorpher, leicht löslicher Rückstand. Schwefelwasserstofflösungen aus Kalkcarbonat und Magnesiacarbonat, letztere unter Zusatz von Ammonium bereitet und wie vorher behandelt, lieferten einen krystallinen Niederschlag von der Zusammensetzung III (Dr. Walter). Bei weiteren Versuchen wurde die Magnesialösung mit viel Ammonium bereitet, und eine Mischung mit 2 Kalk und 1 Magnesia dargestellt; unter fortdauerndem Einleiten von CO_2 bei gewöhnlicher Temperatur verdunstet, liess sich ein schwer löslicher, krystallinischer Rückstand isoliren, welcher Zusammensetzung IV zeigte.

Einige weitere Versuche wurden unter den beim letzten Versuche vorhandenen Verhältnissen ohne Zusatz von Kochsalz ausgeführt, das Resultat war stets ein in HCl leicht lösliches Pulver. Auch bei Anwendung einer mit Kochsalz gesättigten Sodalösung wurde das gleiche Resultat erzielt. Um die Löslichkeit des Dolomits in Säuren von verschiedener Concentration zu untersuchen, wurden folgende Versuche gemacht. Dolomitischer Kalk von Limonardi Neochosi, nördlich vom Othrys-Pass, mit HCl 1 : 200 behandelt, lieferte einen Rückstand, dessen

Zusammensetzung Analyse V giebt, mit *HCl* 1 : 100 Analyse VI, mit *HCl* 1 : 75 Analyse VII, woraus folgt, dass stärkere Säuren aus Dolomit mehr Kalk als Magnesia auflösen.

Verhältnisse, wie sie bei der hier ausgeführten künstlichen Darstellung des Dolomits vorhanden sind, sind in der Natur in abgesperrten Meeresarmen, wo Organismen verwesen und starke Verdunstung vorhanden ist, nicht unwahrscheinlich, und namentlich wird auch auf die häufige Verbindung von Dolomit mit Anhydrit, Gyps und Steinsalz hingewiesen, um eine primäre Entstehung des Dolomits in einer, der hier durchgeführten analogen Art und Weise wahrscheinlich zu machen.

	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Fe_2O_3	H_2O	Rückstand:	Summe:
Analyse I	12,77	79,84	1,74	1,00	4,64	99,95
- II	6,93	80,60	5,37	—	2,93	95,83
- III	26,48	66,67	0,64	—	3,65	97,53
- IV	52,0	43,7	—	—	3,8	99,5
- V	54,4	44,9	—	—	—	99,3
- VI	50,7	48,6	—	—	—	99,3
- VII	50,1	49,3	—	—	—	99,4

Ref.: E. Weinschenk.

8. G. Klement (in Brüssel): **Ueber die Bildung des Dolomit** (Tscherm. mineral.-petr. Mitth. 1894, **14**, 526).

Von dem entgegengesetzten Standpunkte wie Pfaff ausgehend, setzt der Verf. seine Studien[1]) über die secundäre Entstehung des Dolomit fort, indem er betont, dass Verhältnisse, wie sie die Untersuchungen von Pfaff verlangen, in der Natur kaum je verwirklicht sind. Zu den ausgedehnten Versuchsreihen wurden je 0,5 g fein gepulverter Aragonit von Herrengrund mit $1\frac{1}{4}$ g krystallisirter schwefelsaurer Magnesia und 10 ccm gesättigter Kochsalzlösung in leicht verschlossenen Kölbchen eine bestimmte Zeit lang auf constanter Temperatur erhalten. Hierauf wurde abfiltrirt und bis zum Verschwinden der H_2SO_4 im Filtrat ausgewaschen, wobei möglicherweise eine kleine Rückbildung von $CaCO_3$ eintreten konnte, was auch experimentell festgestellt wurde, indem Calciumsulfatlösung durch fein gepulverten Dolomit filtrirt wurde. Folgendes waren die Resultate der einzelnen Versuche:

Temperatur:	Dauer:	Gebildetes $MgCO_3$
50°—55°	10 Tage	Spur
62°	6 -	1,3 %
68	48 Stunden	1
72	24 -	1,7
77	24 -	2,1
77	48 -	12,1
77	72 -	14,9
89	20 -	24,1
90	68 -	38
91	48 -	34,6
91	96 -	41
91	144 -	41,5
100	10 -	24,5

1) S. diese Zeitschr. **26**, 330.

Daraus folgt, dass von etwa 60° an Magnesiumsulfat in gesättigter Kochsalzlösung auf Aragonit einwirkt, so dass mit steigender Temperatur und verlängerter Einwirkung die Menge des gebildeten $MgCO_3$ zunimmt; doch scheint für jede Temperatur ein Maximum für diese Umbildung zu existiren. Um den Einfluss der Concentration zu untersuchen, wurden weitere Versuche unternommen, wobei folgende Mengenverhältnisse zur Verwendung kamen. Zunächst die gewöhnlichen Mengen von Magnesiumsulfat und Aragonit, hierzu 5 ccm conc. Kochsalzlösung, 5 ccm Wasser, 20 Stunden lang auf 89° erwärmt, gebildet 1,7 % $MgCO$; statt dessen 20 ccm conc. Kochsalzlösung auf 90° erwärmt, nach 46 Stunden gebildet 1,9 % $MgCO_3$, nach 72 Stunden 6,2 %, nach 96 Stunden, als die Flüssigkeit etwas eingedampft war, 22,7 %. Des Weiteren wurde im zugeschmolzenen Rohre die gewöhnliche Quantität von Aragonit und Magnesiumsulfat mit 10 ccm conc. Kochsalzlösung und 1 ccm H_2O 10 Stunden lang auf 100° erhitzt, $MgCO_3$ 8 %; dasselbe mit 5 ccm Kochsalzlösung und 5 ccm H_2O gab 0,6 % $MgCO_3$. Von allen Substanzen wurde die doppelte Quantität wie bei der ersten Versuchsreihe verwendet und das Gemenge auf 91° erhitzt; nach 48 Stunden 1 % $MgCO_3$. Es folgt daraus, dass nicht nur die Concentration, sondern auch die absolute Flüssigkeitsmenge für den Verlauf der Reaction von Bedeutung ist.

Es wurden sodann die gewöhnlichen Quantitäten von Aragonit und $MgSO_4$ ohne Zusatz von Kochsalzlösung mit 3 ccm H_2O 48 Stunden unter Ersatz des abgedampften Wassers auf 90° erhitzt. $MgCO_3$ 12,8 %, dasselbe mit 4 ccm H_2O, aber ohne späteren Ersatz, nach 48 Stunden 18,8 % $MgCO_3$. Das Sulfat wirkt also in sehr concentrirter Lösung auch ohne Zusatz von Kochsalz.

Ferner wurde statt $1\frac{1}{4}$ g $MgSO_4$ 1 g $MgCl_2$ verwendet, das Uebrige wie gewöhnlich, bei 72° 95 Stunden lang 0,4 % $MgCO_3$, bei 77° 48 Stunden lang 0,7 % $MgCO_3$. Zu obigem Gemenge wurden nur 3 ccm Kochsalzlösung hinzugefügt, bei 91° nach 24 Stunden 1,5 %, nach 48 Stunden 2,3 % $MgCO_3$. Chlormagnesium hat also auch in sehr concentrirter Lösung eine viel geringere Einwirkung.

Bei einer weiteren Versuchsreihe wurde der Aragonit durch isländischen Doppelspath ersetzt. Dieselben Mengenverhältnisse wie gewöhnlich, dazu noch 1 g festes $NaCl$, wurden im zugeschmolzenen Rohre 10 Stunden lang auf 100° erhitzt. Resultat: Spur $MgCO_3$. Die gewöhnlichen Mengenverhältnisse im offenen Kölbchen bei 48stündigem Erhitzen auf 80°—81° gaben 0,6 % $MgCO_3$, bei 90° 1,6 % $MgCO_3$. Es wird also auch Kalkspath etwas angegriffen, aber unverhältnissmässig viel weniger als Aragonit.

Endlich wurden die Untersuchungen auf Korallen ausgedehnt. Madrepora prolifera bei 90° 46 Stunden behandelt gab 38,5 %, Madrepora humilis 41,4 % und Stylopora (?) 41,9 % $MgCO_3$, woraus sich die Uebereinstimmung derselben mit dem Aragonit auf das Unzweifelhafteste ergiebt.

Was die mineralogische Natur des erhaltenen $MgCO_3$ betrifft, so ist die Untersuchung desselben deshalb sehr schwierig, weil es stets ein äusserst feines Pulver darstellt und Dolomit ebenso wie Magnesit sich in feinstem Pulver als durchaus nicht unlöslich in sehr verdünnten Säuren erweisen, in welchen im Uebrigen auch Aragonit schwer löslich ist. Um letzteren in möglichst feiner Vertheilung zu haben, wurde er künstlich durch Ausfällen aus einer heissen Chlorcalciumlösung mit heissem Ammoniumcarbonat dargestellt und wie früher behandelt. Der Rückstand nach dem Behandeln mit verdünnter Essigsäure war ein etwas kalkhaltiges, neutrales Magnesiumcarbonat, welches auch nach scharfem Trocknen noch wasserhaltig war. Ob dieses aber dieselbe Substanz ist, welche

sich aus dem natürlichen Aragonit bildet, ist an sich nicht bewiesen, wenn auch dadurch immerhin wahrscheinlich gemacht wird, dass nicht Dolomit, sondern vielmehr ein Gemenge von $CaCO_3$ und $MgCO_3$ sich bildet, welches erst durch andere, secundäre Umstände eine Umkrystallisation zu Dolomit erfährt.

Ref.: E. Weinschenk.

9. E. v. Fedorow (in Moskau): **Ueber Pseudochroïsmus und Pseudodichroïsmus** (Tscherm. mineral.-petr. Mitth. 1894, **14**, 569).

Wenn in einer Substanz dünne Lamellen einer anderen eingelagert sind, deren Lichtbrechung von derjenigen der ersten verschieden ist, so tritt an den Grenzen beider theilweise Totalreflexion des Lichtes ein, welche für verschiedene Farben verschieden ist. Das Präparat erscheint daher in der Mitte des Gesichtsfeldes braun, am Rande grün gefärbt. Die Totalreflexion ist nun bedeutend stärker für Strahlen, welche parallel zu der Grenzlinie schwingen, als für solche senkrecht dazu, daher erscheinen solche Krystalle deutlich pleochroïtisch. Solche scheinbare Färbung wurde an einem Mikroperthit vom Kandolskischen Busen am Weissen Meere, an einem Oligoklas vom Flusse Sudel im nördlichen Ural und an Krystallen, welche aus einem Gemenge von Paradibrombenzol und Naphtalin bestehen, beobachtet; sie ist im gewöhnlichen Lichte sichtbar und leicht kenntlich durch die Eigenschaft, dass sie im Centrum des Gesichtsfeldes braun, am Rande grün erscheint.

Ref.: E. Weinschenk.

10. H. Traube (in Berlin): **Beiträge zur Mineralogie Schlesiens** (Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1894, **46**, 50).

Im Serpentin des Schwarzenberges bei Tampadel am Zobten wurde bekanntlich ein abbauwürdiges Vorkommen von Chromit aufgedeckt, in welchem der Chromit mit einem Grochauit-ähnlichen Minerale verwachsen ist. An den Salbändern gegen den Serpentin tritt verwitterter Talk auf mit Einlagerungen von dichtem Feldspath; ferner beobachtet man auf dieser Lagerstätte Kämmererit, Rutil, Feldspath, Talk, Dolomit und selten Kupferkies. Eine Analyse des Chromits von Laszczynski gab die Zahlen unter I übereinstimmend mit den früher von Kosmann erhaltenen Resultaten.

Der Kämmererit bildet krystallinische Ueberzüge, selten auch schlecht ausgebildete Krystalle, scheinbar hexagonale Pyramiden mit Basis von bald grünlicher, bald violetter, bald röthlicher Farbe. Gemessen wurde $(001):(011) = 66^0 17'$, $(001):(\bar{1}12) = 66^0 32'$. Im polarisirten Lichte zeigen die Spaltblättchen Feldertheilung; sechs optisch zweiaxige Randfelder, Axenwinkel $20^0 - 30^0$, Axenebene || Randkante, und ein optisch einaxiges Mittelfeld; bei allen ist der Charakter der Doppelbrechung positiv. Auch Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze wurde beobachtet. Die Analyse ergab die unter II aufgeführten Zahlen, welche gut auf einen Prochlorit $5Sp4Am$ stimmen.

Ausserdem findet sich dabei noch ein chromärmeres Mineral der Chloritgruppe, gleichfalls mit deutlicher Feldertheilung in basischen Blättchen, doch liegt hier die Ebene der optischen Axen $\perp$ zur Randkante, der optische Charakter ist gleichfalls positiv.

Im Chromit eingeschlossen finden sich verschiedene Carbonate: erstens schneeweisse, späthige Partieen mit Zwillingsstreifung nach $\{02\bar{2}1\}$ der Zusammensetzung III, dann weisse, grosskrystallinische Aggregate ohne Zwillings-

streifung, welche die Zahlen unter IV gaben. Ausserdem fand sich noch Braunspath in krystallinischen Aggregaten.

Der **Rutil** endlich sitzt in kleinen bis 1 mm starken Nadeln auf Chromit und Kämmererit; die Krystalle sind mit einer Prismenfläche festgewachsen und zu Büscheln gruppirt. Sie sind blutroth durchsichtig und zeigen die Formen: {110}, {100}, {210}, {313}, {101} und selten {410}. Einmal wurde ein Zwilling nach {301} beobachtet; Winkel der Verticalaxen der beiden Individuen 55° 30′. In den mikroskopisch geprüften, durchaus einschlussfreien Krystallen liess sich ein Chromgehalt nachweisen.

	I.	II.
SiO_2	—	32,16
Cr_2O_3	41.23	6,66
Al_2O_3	24,58	10.21
Fe_2O_3	—	0,91
FeO	19,04	4,51
MnO	0,58	—
CaO	—	0,63
MgO	14,77	31,98
H_2O	—	12,61
	100,20	99,67
	Sp. G. = 4,21	sp. G. = 2,693

	III.	IV.
CaO	43,74	50,74
MgO	10,05	1,83
FeO	—	3.56
CO_2	45.67	43,87
	100,00	100,00

CO_2 als Differenz.

Ferner wurden einige Mineralien aus dem oberschlesischen Erzreviere untersucht, welche von älteren Funden herstammen:

Cerussit aus der Friedrichsgrube bei Tarnowitz. Abgebrochene grosse Krystalle taflig nach {010} mit {110}, {130}, {111}, {441}, {131}, {021}, {031}, {012}, {041}, davon ist neu $\mathfrak{a}$ = {441} nach den Messungen: (110):(441) = 10° 7′, ber. 10° 12′; (441):(4$\bar{4}$1) = 61° 24′, ber. 61° 36′. Auch ein Zwilling nach {110} wurde beobachtet.

Andere Krystalle des Minerals von ebendaher sind prismatisch nach {021}, daneben {025}, {012}, {102}, {110}, {130}, {100}, {111}; hiervon ist neu $\mathfrak{e}$ = {025} nach den Messungen: (012):(025) = 3° 50′, ber. 3° 44′; (025):(0$\bar{2}$5) = 32° 14′, ber. 32° 16′. Am flächenreichsten aber sind kleine, aufgewachsene Krystalle aus derselben Grube, welche mit Bleiglanz und Tarnowitzit zusammen vorkommen. Dieselben sind brachydiagonal verlängert und zeigen die Formen: {010}, {012}, {011}, {021}, {041}, {100}, {110}, {130}, {170}, {102}, {101}, {302}, {201}, {111}, {112}, {113}, {211}, {171}, neu ist $\mathfrak{f}$ = {170} und $\mathfrak{g}$ = {171} nach den Messungen: (130):(170) = 15° 30′, ber. 15° 29′; (170):(010) = 13° 9′, ber. 13° 10′; (170):(171) = 9° ca., ber. 8° 53′. Alle gemessenen Cerussitkrystalle erwiesen sich als reines Bleicarbonat.

Iglesiasit vom Friedrichschachte der Redlichkeitsgrube bei Radzionkau. Kammförmige Schnüre von Iglesiasit waren über Zinkspath auf Galmei aufgewachsen. Die Messungen ergaben das Axenverhältniss $a : b : c$ = 0,59906 : 1 : 0,72465. Beobachtet: {012}, {021}, {102}, {101}, {210}, {110}, {130}, {111}, {112}. Davon ist i = {210} am Cerussit nicht beobachtet; nach den Messungen: (210):(100) = 16° 30′, ber. 16° 40′; (210):(2$\bar{1}$0) = 33° 14′, ber. 33° 21′. Die chemische Analyse ergab: PbO 78,65, ZnO 3,41, entsprechend einem Gehalte von 5,47 % $ZnCO_3$. Gemessen wurde der scheinbare Winkel der optischen Axen $2E_{na}$ = 17° 7′.

Tarnowitzit aus der Friedrichsgrube von Tarnowitz. Stenglige, bunt gefärbte Massen. Analysirt wurden I. wasserhelle, II. grüne, III. röthlich braune, IV. gelbliche Partieen, welche folgende Zusammensetzung ergaben:

	I.	II.	III.	IV.
CaO	54,09	52,70	51,93	53,43
SrO	0,28	0,25	0,35	Spur
PbO	2,24	4,26	4,76	3,58
ZnO	—	—	0,34	—
Gehalt an $PbCO_3$	2,61	5,09	4,70	4,29

Krystalle der gelblichen Varietät zeigten den Habitus des Aragonits mit Zwillingen nach {110} und einer vorherrschenden, gerundeten, steilen Brachypramide; daneben eine Anzahl bestimmbarer Brachydomen {011}, {031}, {051}, {061}, {071}, welche ausser {011} neu sind. Die Messungen ergaben:

	Gemessen:	Berechnet:
(011):(031) =	29° 35′	29° 27′
(031):(051)	9 10	9 19
(051):(061)	1 46	1 41
(061):(071)	2 51	2 44
(071):(010)	11 3	11 10

Hemimorphit aus der »untern Erzlage« im Christian Krafft-Schachtfelde der Neuen Helenengrube bei Scharley. Auf braunem Dolomit mit Bleiglanz und kleinen Cerussitkrystallen der Combination {012}, {021}, {010}, {110}, {111} finden sich Krusten von bräunlichrothem Hemimorphit, dessen Krystalle nach {010} taflig, aber nicht messbar sind. Die Analyse ergab: SiO_2 24,81, ZnO 66,28, PbO 2,17, H_2O 7,39, Summe 99,65. Das spec. Gew. = 3,627. Die braune Farbe wird dem Bleigehalte zugeschrieben.

Hemimorphit von der Redlichkeitsgrube bei Radzionkau. Nach {010} dünntaflige, graulichweisse Krystalle sind durchgängig mit dem pyramidalen Ende auf derbem Galmei aufgewachsen. Bestimmt wurden die Formen: {001}, {010}, {100}, {101}, {201}, {301}, {701}, {011}, {031}, {110} und unten {121}.

Göthit vom Jasiowa-Schachte bei Georgenberg. Lebhaft glänzende, nach {010} taflige Krystalle der Combination {010}, {210}, {110}, {120}, {011}.

Schwefel aus der Umgegend von Tarnowitz. In einem hohlen Limonitknollen findet sich eine Ausfüllung mit derbem Schwefel; vermuthlich ist derselbe durch Zersetzung von Markasit entstanden.

Ref.: E. Weinschenk.

11. J. Lemberg (in Dorpat): **Zur mikrochemischen Untersuchung einiger Minerale aus der Gruppe der Lamprite (Kiese, Glanze, Blenden)** (Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1894, **46**, 788).

Die schon früher für eine grössere Anzahl von Mineralien mit so grossem Nutzen verwendete Methode, dieselben durch einen auf denselben abgelagerten Niederschlag kenntlich zu machen und dadurch von anderen ähnlichen zu unterscheiden, hat natürlich ihre wichtigste Verwendung bei den undurchsichtigen Mineralien, bei welchen Verunreinigungen sich der Beobachtung auch mit den empfindlichsten Mitteln oft ganz entziehen. Die hier ausgeführten Versuche gehen daher hauptsächlich darauf aus, für die einzelnen undurchsichtigen Mineralien Niederschläge zu finden, welche nicht über das ursprüngliche Mineral übergreifen

und gleichzeitig fest an demselben haften, so dass man nach Ausführung der Reaction leicht das Vorhandensein und die Vertheilung von Einschlüssen erkennen kann, welche gegen die betreffenden Reagentien ein verschiedenes Verhalten besitzen.

Zu diesen Untersuchungen wurden frisch angeschliffene Platten der betreffenden Mineralien mit alkalischer Bromlauge (4 g KOH auf 25 ccm Bromwasser) oder mit einer schwefelsauren Lösung von schwefelsaurem Silber behandelt. Doch wurden in der Reactionsgeschwindigkeit bei einem und demselben Minerale ziemliche Unterschiede beobachtet, so dass diese Versuche zunächst mehr den Charakter von Vorversuchen tragen.

Gediegen Arsen, Auripigment und Realgar werden durch Bromlauge zu Arsensäure oxydirt, welche mit starker Chlorkalklösung einen Niederschlag von weissem, arsensaurem Kalk giebt, der sich mit einer Lösung von $AgNO_3$ zu braunem, arsensaurem Silber umsetzt. Die Reaction ist sehr empfindlich, und man kann mit derselben auch Arsenverbindungen im Löthrohrbeschlage nachweisen. Auripigment mit Silberlösung gekocht überzieht sich mit Ag_2S. Gediegen Arsen bedeckt sich in kalter Silberlösung mit Silberkrystallen, in einer concentrirten Lösung von Silberacetat bildet sich ein schwarzer Silberniederschlag neben Krystallen von gelbem arsenigsaurem Silber, die aber nicht haften.

Pharmakolith giebt mit kalter neutraler $AgNO_3$-Lösung rasch braunes arsensaures Silber.

Arsenige Säure giebt mit concentrirter Chlorkalklösung arsensauren Kalk, mit Kalkwasser arsenigsauren Kalk, die man in Silbersalze überführt.

Grauspiessglanzerz löst sich in Bromlauge als antimonsaures Kali; mit Kalilauge (1 KOH auf 4 aq) oder durch kochendes Barytwasser bedeckt es sich mit rothem Kermes.

Zinkblende löst sich in Bromlauge auf, dabei schlägt sich ein etwaiger Eisengehalt als Fe_2O_3 nieder, oft erst nach einigen Stunden; mit Silberlösung erwärmt erhält man einen Ueberzug von braunem Ag_2S.

Greenockit giebt dieselbe Reaction. Um ihn neben Blende sichtbar zu machen, behandelt man beide mit Bromwasser und darauf mit Schwefelammon, entfernt mit kalter verdünnter H_2SO_4 etwa gebildetes FeS und giebt Silberlösung zu; das gefällte CdS setzt sich sofort zu Ag_2S um, die Zinkblende bleibt unverändert.

Bleiglanz erhält durch Bromlauge einen gelben bis braunen Ueberzug, welcher sich mit alkoholischer Jodwasserstoffsäure zu gelbem PbJ_2 umsetzt; mit Silberlösung auf 60° erhitzt färbt er sich stahlgrau, und in der Kälte scheidet er aus dieser Lösung metallisches Silber ab, was aber oft sehr langsam vor sich geht.

Pyrit und Markasit werden sehr langsam verändert. Mit Bromlauge werden sie kupferroth unter langsamer Abscheidung von Fe_2O_3; mit Silberlösung bei 70° werden sie röthlich violett, in der Kälte scheiden sie etwas Silber ab.

Buntkupfererz und Kupferglanz scheiden in der Kälte aus der Silberlösung in wenigen Minuten Silberkrystalle ab. Das letztere Mineral bedeckt sich in Bromlauge rasch mit schwarzem Kupferoxyd, das mit Ferrocyanwasserstoffsäure braunes Ferrocyankupfer giebt. Dagegen erhält man aus Buntkupfererz bei der gleichen Behandlung Berlinerblau.

Kupferkies, einige Minuten bei 50° mit der Silberlösung behandelt, färbt sich rothviolett, scheidet aber Silber ab, wenn andere Silber abscheidende Lamprite zugegen sind. Mit Bromlauge wird er bronzebraun und giebt nach längerer Einwirkung einen Ueberzug von Oxyden.

Magnetkies, 5—15 Minuten lang bei 50⁰ mit der Silberlösung erwärmt, färbt sich braunviolett bis blau. Mit Bromlauge wird er leicht aus dem Schliffe herausgeätzt, während Fe_2O_3 sich abscheidet. Auch durch eine kalt gesättigte $HgCl_2$-Lösung mit etwas HCl lässt sich der Magnetkies von Pyrit und Kupferkies unterscheiden; $1\frac{1}{2}$—3 Minuten mit dieser Lösung bei 50^0 behandelt, wird er schwarz, während die anderen nur etwas dunkler werden.

Arsenkies wird mit Silberlösung bei 70^0 blauviolett. Bromlauge überzieht ihn mit Fe_2O_3.

Löllingit bedeckt sich in der Silberlösung in der Kälte nach 10 Minuten mit Silberkrystallen und wird durch Bromlauge langsamer als Arsenkies mit einem Ueberzuge von Fe_2O_3 versehen.

Millerit, mit Silberlösung 5 Minuten bei 70^0 behandelt, färbt sich blau. Bromlauge bedeckt ihn sehr langsam mit schwarzem Nickelsuperoxyd, das man in gelbes Ferridcyannickel oder in grünes Ferrocyannickel umwandeln kann; letzteres haftet schlecht.

Glanzkobalt ist gegen Silberlösung sehr widerstandsfähig. In der Bromlauge bedeckt er sich nach 5—10 Minuten mit gut haftendem Kobaltsuperoxyd, welches in dunkelbraunes Ferridcyankobalt übergeführt wird.

Glaukodot färbt sich beim Erwärmen mit Silberlösung auf 60^0 rasch blau. Mit Bromlauge wird er rasch hellbraun und bedeckt sich langsam mit Eisenoxyd und Kobaltsuperoxyd.

Kobaltkies ist schwer angreifbar, 5 Minuten mit der Silberlösung gekocht wird er blau, und Bromlauge bewirkt nach 15 Minuten einen schwachen dunklen Anflug.

Gersdorffit scheidet aus der Silberlösung in der Kälte langsam Silber ab, bei 70^0 wird er dunkelblau. Bromlauge wirkt langsam oxydirend.

Antimonnickelglanz verhält sich ebenso, nur scheidet er auch in der Wärme etwas Silber ab.

Rothnickelkies scheidet aus der Silberlösung sofort Silber ab, Bromlauge wirkt kaum ein.

Smaltin scheidet rasch Silber ab. Mit Bromlauge bedeckt sich der Schliff mit den Oxyden, welche weiter zu untersuchen sind.

Chloantit wird langsamer oxydirt.

Kobalt- und Nickelblüthe werden durch Bromlauge langsam zu Oxyden umgewandelt.

Fahlerze verhalten sich entsprechend ihrer sehr wechselnden Zusammensetzung sehr verschieden.

Ref.: E. Weinschenk.

XIV. Universalmethode und Feldspathstudien.

II. Feldspathbestimmungen.

Von

E. von Fedorow in Moskau.

(Hierzu Tafel III und 11 Textfiguren.)

Bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft macht sich das Bedürfniss geltend, die Feldspäthe in Dünnschliffen auf optischem Wege möglichst genau zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurden sehr verschiedenartige Methoden vorgeschlagen.

Der Erste, der diesem Bedürfniss entgegenkam, war Hr. Michel-Lévy, der schon seit dem Ende der siebziger Jahre eine Reihe sinnreicher Methoden für diese Bestimmung ersann[1]. Das Wichtigste in seinen Vorschlägen war das Hervortretenlassen gewisser ausgezeichneter Zonen, deren zugehörende Schnitte leicht im Dünnschliffe erkannt werden können.

Wie wichtig auch der von Demselben gemachte Schritt war, so fand doch die Anwendung seiner Vorschläge bei praktischer Ausführung der Bestimmungen mancherlei Schwierigkeiten. Es war nöthig, in einem Präparat eine grosse Anzahl verschiedener Schnitte vor sich zu haben und aus diesen die zu ausgewählten Zonen gehörenden aufzufinden und dabei nicht nur einen oder wenige, sondern möglichst viele, solchen Zonen angehörende Schnitte in Bezug auf Auslöschungsschiefe zu untersuchen, indem dann der maximale Auslöschungswinkel die gestellte Aufgabe der Bestimmung zu lösen gestattete. Diese Schwierigkeiten haben einige Forscher von der Anwendung dieser Methode abgeschreckt. Der wichtigste Einwand war aber der, dass die optischen Constanten selbst, auf welchen die zur Bestimmung dienenden Diagramme beruhten, nicht sicher genug ermittelt waren.

---

1) De l'emploi du microscope polarisant à lumière parallèle; Ann. des Mines 1877, 392. Ref. diese Zeitschr. 3, 217. Später in dem Buche: Les Minéraux des Roches 1890, S. 78 ff.

Um diese Mängel in dem Bestimmungsgange möglichst zu beseitigen, unternahm der Verf. bei der ersten Bearbeitung der Universalmethode in der Anwendung auf Mineralogie und Petrographie die Bestimmung der optischen Constanten der Plagioklase, und stellte, darauf fussend, eine Reihe zur Bestimmung dienender Diagramme zusammen, welche die Möglichkeit an die Hand gaben, dabei mit einem besonderen Schnitte zu Stande zu kommen, nämlich entweder einem zur optischen Axe, oder zur Axe n_m gehörigen, oder einem nach der Fläche (010), oder endlich einem der symmetrischen Zone des Zwillings resp. der Längszone angehörenden Schnitte[1]). Besonders wurden die Schnitte der gleichzeitigen Auslöschung beider Individuen eines Albitzwillings hervorgehoben.

Die Ermittelung der optischen Constanten wurde aber damals nicht ganz selbständig ausgeführt, sondern gründete sich auf die von **Max Schuster** äusserst sorgfältig aufgestellte Tabelle der Auslöschungswinkel auf den Flächen (010) und (001). Zur genaueren Ermittelung der Constanten bediente sich der Verf. der Schnitte nach der Fläche (010); es wurde der Winkel gemessen, welchen die Trace der Spaltfläche (001) mit der Normale zur immobilen Axe des Universaltischchens bildet, indem durch Drehung um diese Axe das Präparat in die Lage gestellt wurde, bei der die Dunkelheit bestehen blieb bei voller Umdrehung des Mikroskoptisches. Der zweite zu bestimmende Winkel war der Neigungswinkel des Präparates. Aus diesen Beobachtungen und mit Hilfe der Tabelle von **Max Schuster** konnte genau die Lage auch der anderen Axe ermittelt werden, somit auch die optischen Constanten überhaupt.

Am Genauesten wurde dieses Verfahren für Anorthit und Labrador ausgeführt. Für Anorthit wurde ausserdem die genaue Lage einer der optischen Axen (A_1) in der Symmetrieebene des Zwillings constatirt und der von derselben mit der Verticalaxe eingeschlossene Winkel ($6\frac{1}{2}^0$).

Für die Reihe der Bytownite gelang es damals dem Verf. nicht, einen genügend reinen Dünnschliff nach der Fläche (010) sich zu verschaffen; zur Bestimmung dienten Schliffe nach (001), und zwar wurde schon damals wahrscheinlich gemacht, dass in Wirklichkeit das vorhandene Präparat nicht genügend genau nach dieser Fläche geschnitten war.

Bei der praktischen Ausführung der Bestimmung wurden in erster Linie die Auslöschungswinkel in Bezug auf die Trace des Albitzwillings hervorgehoben.

Als aber vom Verf. eine grössere Zahl von Bestimmungen an den Gesteinen des Bogoslowsk'schen Bergrevieres ausgeführt wurde, erwies sich in mancher Hinsicht auch die vorgeschlagene Methode als mangelhaft[2]);

---

1) Diese Zeitschr. **22**, 229 ff.

2) Einige Bemerkungen darüber wurden in dieser Zeitschr. **24**, 130 und **25**, 94 aufgeführt.

besonders hinderlich wirkte der Umstand, dass die beiden Individuen eines Zwillings sich nicht immer als einem und demselben Gliede der Plagioklasreihe angehörend erwiesen (wie auch ein und dasselbe Individuum sehr oft schichtenweise gebaut gefunden wurde, folglich ebenso verschiedenen Gliedern derselben Reihe angehörte). Ausserdem kamen noch Zwillinge vor, welche nicht dem Albitgesetze entsprachen, sondern nach anderen, noch zu ermittelnden Gesetzen gebaut waren.

Ueberhaupt ist der Verf. zu der Ansicht gekommen, dass es nicht sehr zweckmässig ist, die Bestimmung auf die Aufsuchung einiger bemerkenswerther Zonen oder Schnitte zu begründen. Einerseits ist diese Aufsuchung sehr zeitraubend; andererseits aber ist dieselbe principiell mangelhaft, da aus blossen Wahrscheinlichkeitsgründen von vornherein schon die Behauptung aufgestellt werden kann, dass solche Schnitte streng genommen nicht vorkommen, und dass man immer genöthigt ist, für dieselben nur mehr oder weniger angenäherte zu nehmen. Wenn man dem noch hinzufügt, dass auch die zu beobachtenden Plagioklase immer von einigen fest aufgestellten Typen mehr oder weniger abweichen, begreift man leicht, mit welchen Hindernissen die Bestimmung nach diesem Principe zu thun hat.

Aus diesem Grunde nahm der Verf. das Problem von seinem principiellen Grunde aus von Neuem auf und hat sich die Aufgabe gestellt, die Bestimmung auf jeden einzelnen zufälligen Schnitt zu basiren. Diese Aufgabe erforderte eine weitere Entwickelung der Universalmethode, von welcher in dem I. Theile dieser Arbeit berichtet wurde.

Seitdem erschien eine Reihe von Arbeiten über Feldspäthe, von welchen manche geradezu als eine Fortsetzung jener Behandlung der Aufgabe angesehen werden können.

Fast gleichzeitig mit der ersten Arbeit erschien eine sehr interessante Studie von Hrn. Becke »Ueber die Bestimmung der Gesteinsgemengtheile, besonders der Plagioklase, auf Grund ihres Lichtbrechungsvermögens«[1]). Diese Arbeit führte ein ganz neues Princip in das Gebiet der Feldspathbestimmungen ein, nämlich das der Lichtvertheilung an der Grenze zweier Medien von verschiedenem Brechungsvermögen (wie gering auch dieser Unterschied sein möge). Die schönen beigegebenen Photogramme machen die Anwendung dieses Princips sehr ersichtlich. Natürlich löst dieses Princip die vom Verf. gestellte allgemeinste Aufgabe der Bestimmung nach einem einzigen beliebigen Schnitte nicht auf, und überhaupt ist die Anwendung desselben durch eine Reihe von Umständen beschränkt (der wichtigste ist, dass im Dünnschliffe an einander angrenzende Körner von Quarz und des zu bestimmenden Feldspathes vorhanden sein müssen).

---

1) Sitz.-Ber. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien 102, Abth. I, Juli 1893. Ref. in dieser Zeitschr. 25, 606.

Aber dieses Princip ist ein sehr förderndes, wenn man auf irgend welche Schwierigkeiten stösst, oder wenn z. B. Zweifel vorliegt, ob die zu untersuchenden Körner wirklich einem Feldspathe angehören.

Im Jahre 1894 erschien die sehr wichtige Arbeit von Hrn. Michel-Lévy: Étude sur la détermination des feldspaths dans les plaques minces[1]). In dieser Arbeit wurden auf Grund einiger bester Beobachtungen die Diagramme verschiedener Glieder der Plagioklasreihe zusammengestellt und der Vergleich mit den vom Verf. aufgestellten Typen ausgeführt.

Es war sehr erfreulich, die Uebereinstimmung zu sehen, welche bei der Zusammenstellung der Resultate des Verfs. und der anderen Beobachter ersichtlich wurde. Aus derselben Zusammenstellung trat auch klar zu Tage, was schon früher erwartet wurde, dass die Constanten des Bytownit in Wirklichkeit sehr ungenügend ermittelt waren, d. h. die als Schnitte nach (001) vorausgesetzten Schliffe erwiesen sich ziemlich davon abweichend. Am meisten übereinstimmend zeigten sich dabei die Constanten von Labrador und Anorthit, wenngleich der letztere bei den Studien des Verfs. und denen von Michel-Lévy nicht stofflich identisch war; darauf kann man schliessen, wenn man in Betracht zieht, dass die Axe A_1 des Anorthits von Michel-Lévy nicht in der Symmetrieebene liegt, sondern $2\frac{1}{2}^0$ davon abweicht.

Besonders erfreulich ist es, dass Hr. Michel-Lévy mit voller Genauigkeit die Orientirung und Projectionsmethode des Verfs. übernahm[2]). Dadurch wird hoffentlich bei allen späteren Studien von Feldspäthen die Einigkeit erzielt, welche für wissenschaftliche Arbeiten so erwünscht ist.

Den Diagrammen desselben Gelehrten sind noch Curven der gleichen Auslöschungswinkel (in Bezug auf die Trace von (010)) beigefügt, und annähernd auch die Curven der gleichen Doppelbrechung. Die ersteren wurden vom Verf. früher nur theilweise als Material zum Zwecke der Bestimmung der Curven der gleichzeitigen Auslöschung der beiden Individuen eines Zwillings zusammengestellt. Auch wurde eine Anwendung von der Universalmethode gemacht.

Bei aller Wichtigkeit der eben besprochenen Arbeit liess dieselbe die Frage der praktischen Bestimmung der Plagioklase in Dünnschliffen für jedes Körnchen einzeln genommen unberührt. Die Arbeit trug sehr viel

---

1) Paris, Librairie polytechnique, Baudry et Cie. Ref. in dieser Zeitschr. **26**, 316.

2) Und zwar nicht nur die Aufstellung der krystallographischen Axen und die Art des angewandten Projectionsnetzes, sondern sogar die absolute Grösse der Projection selbst (2 dcm Durchmesser, welcher bei allen Arbeiten vom Verf. benutzt wird, wenn auch bei dem Drucke diese Projectionen sehr verkleinert erschienen). Leider aber fehlen in den Diagrammen von Michel-Lévy die gnomonischen Projectionen der Flächen (001), (011), (101) und (111), so dass bei graphischen Rechnungen es nothwendig erscheint, auf seinen gedruckten Projectionen diese Projectionen mit der Hand beizufügen.

dazu bei, die Constanten sicherer zu ermitteln, gab aber keine neuen wichtigen Methoden zur praktischen Bestimmung.

Bald darauf erschien eine neue wichtige Arbeit von Hrn. Becke: »Bestimmung kalkreicher Plagioklase durch die Interferenzbilder von Zwillingen«[1]). Wenn auch die von diesem Gelehrten gestellte (aus dem Titel selbst ersichtliche) Aufgabe eine engere war, so wurde doch von Demselben die Anwendung eines neuen Princips erprobt, welches dem der Universalmethode zu Grunde liegenden Principe ganz analog ist, wenn auch dabei nicht paralleles, sondern convergentes Licht benutzt wurde. Die optische Axe wurde nämlich als ein Schnitt dreier dunkler Balken bestimmt, und die Balken selbst wurden natürlich durch Anwendung des Collectors hervorgebracht. Becke hat auf Grund der früheren und neueren Beobachtungen eine Reihe von Bestimmungen basischerer Glieder der Plagioklase vorgenommen und zwar für die Schnitte, welche annähernd normal zur Verticalaxe sind, wenn dabei zugleich Zwillingslamellen nach dem Albit- und nach dem Karlsbader Gesetze vorliegen (das letzte ist nicht unbedingt nothwendig). Als sehr wichtiges Resultat ist hervorzuheben, dass es ihm gelang zu beweisen, dass weder die Anorthitindividuen des Verfs., noch die von Hrn. Michel-Lévy die reinsten Varietäten waren (der des Verfs. musste etwas näher dem äussersten Gliede sein), und dass für die reinste Varietät von Anorthit die Axe A_1 nicht nur in die Symmetrieebene, sondern sogar etwas weiter zur linken Seite zu liegen kommt.

Durch diese Arbeit wurde ein Schritt im Sinne der Allgemeinheit der Bestimmung gemacht, indem für die Anwendung der Methode von Becke es schon nicht principiell nothwendig ist, dass der Schnitt ein ganz bestimmter sei oder einer bestimmten Zone angehöre. Uebrigens wurde von der Bestimmung mittelst der Messung des Winkels zwischen zwei nächsten optischen Axen A_1 und A_1' beider Individuen eines Albitzwillings schon in der Arbeit des Verfs. Anwendung gemacht; was vom Verf. mittelst des Universaltischchens erreicht wurde, ist jetzt von Hrn. Becke durch die Anwendung des convergenten Lichtes hervorgebracht. Natürlich muss aber die Dicke des Lamellen für diesen Zweck genügend sein, wie auch durch die Zuhilfenahme des Czapski'schen Irisblende-Oculares die Anwendbarkeit dieser Methode verstärkt wurde.

Später erschien die sehr interessante Arbeit von Hrn. C. Viola[2]). In derselben wird die Frage über die Lage der gleichen Lichtintensität beider Individuen eines Albitzwillings behandelt in Bezug auf die saurere Hälfte der Plagioklasreihe, einige Anhaltspunkte für deren Anwendung zur

1) Tschermak's Mineralogische Mittheilungen 1894, **14**, 415 ff. Ref. in dieser Zeitschrift **26**, 317. Anhangsweise auch dieselbe Zeitschr. **14**, Hft. 6 »Messung von Axenbildern mit dem Mikroskop«. Ref. am Schlusse dieses Heftes (Ausz. Nr. 2).

2) Diese Zeitschr. **24**, 475 ff.

praktischen Bestimmung hervorgehoben und die bezüglichen Diagramme für Albit und Andesin gegeben. Obgleich es zweifellos erscheint, dass diese Diagramme zum Zwecke dieser Bestimmung angewandt werden können, so tritt doch das theoretische Interesse dieser Betrachtungen in den Vordergrund. Betreffs dieser Arbeit bemerkt Hr. Michel-Lévy: »D'autre part la méthode de l'éclairement commun, appliquée aux diverses zones d'accroissement d'un plagioclase, est susceptible d'applications théoriques plus importantes et pratiques plus décisives, au point de vue du diagnostic, que celles qui se deduisent de l'éclairement commun des macles suivant la loi de l'albite«[1]). Dieser Bemerkung kann ich nicht vollständig beistimmen, da die wirklich höchst interessante Anwendung dieses Princips in Bezug auf die zonar gebauten Plagioklase ihren Grund in einer Hypothese hat, welche nicht nur noch nicht genau bewiesen ist, sondern in einem kleinen Widerspruche mit zahlreichen Beobachtungen steht und sogar in theoretischer Hinsicht schwache Punkte besitzt, während die Genauigkeit des Zwillingsgesetzes ausser jeden Zweifel gestellt ist.

Nun erscheint eine grossartige Arbeit von Hrn. Fouqué: »Contribution à l'étude des feldspaths des roches volcaniques«[2]). In dieser ist ein ausserordentlich reiches und sehr schätzbares Material roher Beobachtungen zusammengestellt, in welchem Vertreter der verschiedenartigsten Glieder der Plagioklasreihe anzutreffen sind. In Bezug auf die Reinheit dieses Materials in chemischer Hinsicht wurden die genauesten und sichersten Methoden angewandt, welche überhaupt jetzt die Wissenschaft aufzuweisen hat, und darin liegt das besondere Verdienst dieser Arbeit. Der Verf. hat sich auch die Aufgabe gestellt, die auf diese Weise am sichersten festgestellten chemischen Typen der Plagioklase mit der zu erreichenden Genauigkeit auch in optischer Hinsicht der Prüfung zu unterziehen. Zu diesem Zwecke liess er Schliffe normal zu den optischen Bisectrices n_p und n_g herstellen, was bekanntlich in früherer Zeit als allgemeinstes Verfahren galt. Mit grösster Sorgfalt bestimmte er dabei die Auslöschungswinkel und mehrfach auch den Winkel zwischen den optischen Axen. Was die letzte Bestimmung betrifft, bekennt Hr. Fouqué selbst, dass dieselbe nicht sehr scharf zum Ausdrucke kommt. Gegen diese ältere Methode ist aber einzuwenden, dass, wie gross auch die Fertigkeit in der Herstellung der zu den Mittellinien normalen Schliffe sei (und gerade in dem Falle der von Hrn. Fouqué untersuchten Präparate wurden dieselben von künstlerischer Hand angefertigt), so könnten doch selbst bei weniger vollkommener Arbeit noch genauere Resultate erzielt werden, wenn nicht nothwendigerweise die Voraussetzung von vornherein aufgestellt würde, dass ein genau zu einer dieser Axen

1) Étude sur la detérmination des feldspaths (deuxième fascicule) p. 78.

2) Bull. Soc. Min. franç. 27, 283—611. Ref. in dieser Zeitschr. 26, 300.

normaler Schnitt vorliegt. Bei dem Studium dieser Arbeit und der Herstellung der auf den Beobachtungen von Hrn. Fouqué begründeten Diagramme hat der Verf. mehrfach bedauert, dass ein so ungewöhnlich schätzbares Material nicht einer anderen, zuverlässigeren Methode der optischen Untersuchung unterzogen wurde. Dann hätten wir wirklich das Genaueste gehabt, was bei der jetzigen Lage der Wissenschaft aufzustellen möglich ist. Jedenfalls liegt darin, wie dies auch Hr. Michel-Lévy zugiebt, das zuverlässigste Material für die Aufstellung der optischen Constanten der Plagioklase vor.

In einer späteren Notiz[1]) sagt Hr. Fouqué: »Cependant le procédé que j'ai recommandé n'a de véritable valeur qu'autant qu'on part d'angles d'extinction sur les sections considérées déterminés par des mesures directes«. Dies angenommen, müsste man zugestehen, dass die Beobachtungen dieses Gelehrten in hohem Grade ihre praktische Bedeutung für die Bestimmung in Dünnschliffen verloren hätten, da die Anwendung der von Demselben vorgeschlagenen Methode der Bestimmung nur in sehr wenigen Fällen stattfinden könnte. Was mich betrifft, so sehe ich die höchste Bedeutung dieser Beobachtungen gerade darin, dass auf Grund derselben die zuverlässigsten Diagramme der Plagioklase aufgestellt werden können. Diese Diagramme werden jedoch in dem Grade unsicher, in welchem eine Unsicherheit in den Beobachtungen selbst vorauszusetzen ist. Bei der Herstellung der Diagramme und Bestimmungstabelle habe ich von den Resultaten Hrn. Fouqué's den Gebrauch gemacht, welcher ihnen gebührt, d. h. bei der Zusammenstellung aller anderen Resultate dieselben ganz besonders in Betracht gezogen.

Eine neue geniale Notiz von Hrn. Michel-Lévy[2]) hat auf das Gebiet der Feldspathstudien ein neues Licht geworfen. In derselben hat dieser Gelehrte gezeigt, wie unter der Voraussetzung, dass die Glieder der Plagioklasreihe mechanische Gemische darstellen, auf Grund genauer optischer Bestimmungen zweier Glieder dieser Reihe die optischen Constanten sämmtlicher anderer Glieder schon auf deductivem Wege abgeleitet werden können. Nachdem er selbst mit Benutzung der von ihm dargestellten Diagramme die Anwendung dieses Princips geprüft hatte, wurde wirklich ganz augenscheinlich, dass dasselbe wenigstens annähernd Gültigkeit hat; aber diese Anwendung konnte nur sehr annähernd verwirklicht werden, und bei aller Nähe der auf diese Weise erhaltenen deductiven Resultate erwiesen sich dieselben doch mit den Beobachtungsdaten nicht identisch, was aber Hr. Michel-Lévy ohne Weiteres noch vorhandenen Ungenauigkeiten in der Ermittelung der optischen Constanten zuschrieb. Jedenfalls, wie anziehend

1) Bull. de la Soc. franç. de Minéralogie **18**, 168.

2) Recherche des axes optiques dans un minéral, pouvant être considéré comme un mélange de deux minéraux déterminés. Bull. Soc. fr. Min. **18**, No. 8.

und anregend das von Hrn. Michel-Lévy aufgestellte Princip auch ist, bleibt dasselbe doch in der Anwendung hypothetisch, bis die genauesten optischen Bestimmungen mit demselben in vollen Einklang kommen. Bis jetzt ist dies nicht der Fall, und auch die neueren Bestimmungen von Hrn. Fouqué (wie auch die meinigen) stimmen mit dieser Hypothese nicht ganz gut überein. Dass aber die Resultate annähernd stimmen würden, war von vornherein zu erwarten, da es unmöglich erscheint, so complicirten chemischen Molekeln, wie diejenigen der Plagioklase sind, eine grosse Energie in den gegenseitigen Verbindungen zuzuschreiben. Die Frage bleibt also offen, wenn auch die Mehrzahl der von mir angestellten Prüfungen mich mehr zu dem entgegengesetzten Schlusse geneigt haben.

Auch eine Notiz von Hrn. Wallerant[1]) führt zu demselben Schlusse; dieselbe stützt sich auf die Thatsache, welche allerdings ausser Zweifel gestellt worden ist, dass in der Plagioklasreihe die Axe n_g als spitze Bisectrix zweimal durch n_p in dieser Rolle ersetzt wird.

Endlich erscheint wieder eine wichtige Arbeit von Hrn. Michel-Lévy[2]), in welcher alle auf Plagioklase sich beziehenden Daten nach den neuesten Beobachtungen von Hrn. Fouqué auf graphischem Wege in Tabellen zusammengestellt worden sind. Das Princip der Anwendung der gleichzeitigen Auslöschung wird in bedeutendem Grade erweitert und verallgemeinert, indem jetzt für jede räumliche Richtung eine gewisse Winkelgrösse bestimmt worden ist, für welche die Lichtintensität für alle Glieder der Plagioklasreihe dieselbe sein muss. Demgemäss ist das früher hergestellte Diagramm vervollständigt. Ein Widerspruch (wenn auch ein ziemlich geringer) wird aus dem Diagramm selbst klar ersichtlich, indem man sieht, dass die Curven für die Richtungen der optischen Axen mit derjenigen nicht ganz übereinstimmen, für welche die Lichtintensität gleich Null ist. Doch ist dieses Princip schon an vielen Beispielen als praktisches Bestimmungsverfahren angewandt. Derselben Arbeit ist noch eine neue Bestimmung der optischen Constanten des Mikroklin beigegeben und dessen Diagramm hinzugefügt.

Jetzt gehe ich zur Darlegung der von mir gemachten Beobachtungen über. Die weitaus meisten derselben beziehen sich auf zufällige Schnitte von Feldspäthen in Dünnschliffen verschiedener Gesteine. Zuerst habe ich einfach verschiedene, in meiner ersten Arbeit skizzirte Bestimmungsdiagramme angewandt. Besonders leicht und gut liessen sich dabei die dem Oligoklas und dem Anorthit am nächsten stehenden Glieder der Plagioklasreihe bestimmen, aber selbst hier wurde in der Mehrzahl der Fälle manche Nichtübereinstimmung bei der Anwendung verschiedener Schnitte bemerkt,

1) Comptes rendus 1895, No. 21.
2) Étude sur la détermination des feldspaths (deuxième fascicule) 1896.

was natürlich stets auf Kosten der Zwischenstellung eines Plagioklases gerechnet wurde, wofür aber keine näheren Beweise beigebracht werden können. Umsomehr war es ganz unmöglich, zu constatiren, auf welches Zwischenglied die gemachten Beobachtungen sich beziehen. Dabei machte sich eine gewisse Willkür kund, welche jedem Naturforscher nicht sehr angenehm erscheint, besonders einem solchen, der sich, wie jeder Krystallograph, an die Anwendung der mathematischen Methoden gewöhnt hat. Infolge dessen wandte ich zur Prüfung manche andere Methoden an, mittelst deren die Stellung eines Plagioklases etwas sicherer ermittelt werden konnte. Ich machte Gebrauch von den von Hrn. Michel-Lévy skizzirten Diagrammen der Plagioklase und stellte neben ihnen ebensolche auf Grund meiner Beobachtungen zusammen. Natürlich ergab sich dabei eine solche Uebereinstimmung, wie sie zu praktischen Zwecken der Bestimmung ganz genügend erscheint. Zu den Curven der Auslöschungswinkel für sämmtliche Raumrichtungen wurden noch die Curven hinzugefügt, welche den Winkel für jede gegebene Richtung mit den optischen Axen (d. h. einfach Kleinkreise) angeben, ebenso wie diejenigen, welche die Winkel zwischen den beiden, durch eine gegebene Richtung (d. h. Normale zu jedem beliebigen Schnitte) und je eine optische Axe hindurchgehenden Ebenen angeben. Die letzten Curven liefern zusammen mit den Curven der gleichen Auslöschung eine Art von sphärischen Coordinaten und verlaufen im grösseren Theile der Sphäre fast zu einander senkrecht. In diesem Umstande sah ich zuerst ein sehr bequemes Mittel für eindeutige und strengere Bestimmung, und in der That, in der Mehrheit der Fälle konnte man aus der Zusammenstellung der Beobachtungszahlen ziemlich klar ersehen, falls ein Glied sich als ein Zwischenglied erwies, welchem der Typen es mehr angenähert ist.

Nun wurden aber mit der Zeit auch verschiedene schwache Punkte selbst in dieser Art Bestimmung ersichtlich. Es erwies sich erstens, dass ziemlich ausgedehnte Flächentheile auf der Sphäre vorhanden sind, welche in Betreff des Auslöschungswinkels ebenso wie in Betreff der Winkelgrössen mit den optischen Axen nur sehr kleine Unterschiede zeigen.

Für Anorthit erwies sich als ein solches unsicher zu bestimmendes Gebiet der Sphäre diejenige breite Zone, deren mittlerer Theil sich etwa von dem Pole $(1\bar{1}0)$ zu (110) hinzieht und welche sich bis zu fast 30° zu beiden Seiten erstreckt.

Im typischen Bytownit nimmt die Mitte dieses Gebietes fast die gleiche Stellung ein, dasselbe erstreckt sich aber noch weiter zu beiden Seiten.

Noch weitere Ausdehnung desselben Gebietes nach beiden Seiten macht sich für Labrador geltend.

Endlich für Oligoklas ist dieses Gebiet hauptsächlich das Gebiet der zur symmetrischen Zone gehörenden Schnitte.

Typischen Albit habe ich niemals in Gesteinsschliffen getroffen.

Ein zweiter hinderlicher Umstand verblieb noch, wenn man mit Zwischengliedern zu thun hatte. Trotz ziemlich zahlreicher Beobachtungsdaten war es oft sehr schwer zu entscheiden, welchem typischen Gliede sich das zu beobachtende mehr näherte.

Der dritte schwache Punkt dieses Bestimmungsverfahrens lag in der Nothwendigkeit ziemlich zahlreicher Beobachtungen; z. B. musste man ausser dem Auslöschungswinkel in Bezug auf die Trace (010) noch die Lage der beiden optischen Axen ermitteln und dann auf graphischem Wege die Grössen der Winkel mit denselben und auch den Winkel zwischen den oben erwähnten Ebenen berechnen. Diese Operationen erfordern einen ziemlich grossen Zeitaufwand.

Dazu kam noch der Umstand, dass es in Folge der Entwickelung in den methodischen Verfahren augenscheinlich wurde, dass die Bestimmung der optischen Constanten selbst, wie auch die Durchführung der praktischen Bestimmung eine genauere sein kann, als es früher der Fall war.

Infolgedessen sammelte ich die besten gemachten Beobachtungen und fügte dazu specielle neue, nach den neueren methodischen Verfahren durchgeführte Beobachtungen mit orientirten Dünnschliffen einiger typischer Plagioklase hinzu. Natürlich konnte jetzt die Ungenauigkeit in der Orientirung der Schnitte berücksichtigt werden, so dass eine beliebige Fehlerhaftigkeit in der Orientirung des Schliffes keinen Schaden hervorbringen konnte; nur musste ein rein auskrystallisirtes Material vorliegen, bestehend aus zwei nach dem Albitgesetze zusammengesetzten Individuen. Auf diese Weise konnte selbst bei beliebiger Orientirung eines Schnittes der Pol von (010) sehr genau ermittelt werden, genauer als z. B. eine optische Axe durch unmittelbare Beobachtung sich feststellen lässt.

Auf Grund aller dieser Daten wurden von Neuem die Diagramme sämmtlicher Glieder der Reihe zusammengestellt.

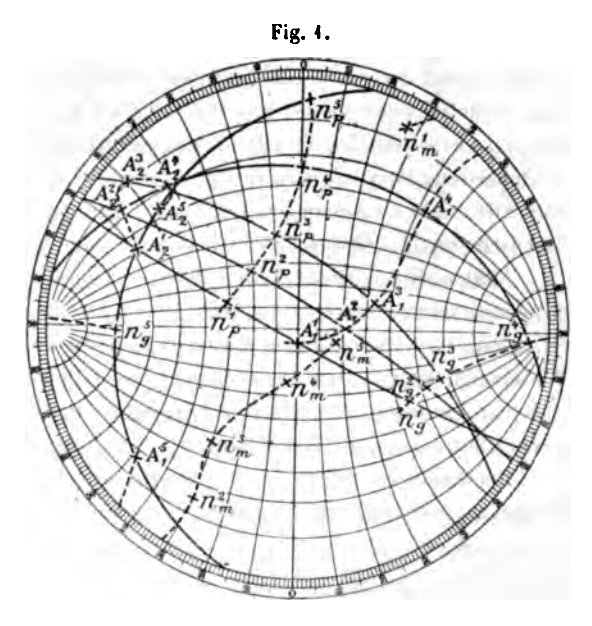
Nachdem die Arbeit von Hrn. Fouqué in meine Hände gelangt war, skizzirte ich auch die entsprechenden Diagramme nach den Beobachtungen dieses Gelehrten, und für die endgültige Skizzirung der wahrscheinlichsten und am genauesten festgestellten Glieder habe ich die Mittelglieder derjenigen ausgewählt, welche sich als die nächsten den meinigen und denen von Hrn. Michel-Lévy erwiesen[1]).

Für die basischeren Glieder wurden auch die Beobachtungen von Hrn. Becke mit einbezogen, und von den so ausgewählten übereinstimmenden

1) Mit diesem Verfahren stimmt auch die Meinung von Hrn. Michel-Lévy in seiner neueren Arbeit überein, indem er sagt: »Il paraît donc préférable, dans une première approximation, de faire une sorte de moyenne entre tous ces résultats et, après avoir placé les épures comme nous l'avons tenté, de s'en servir sans autre correction immédiate« (S. 87).

Typen ein Mittelglied gebildet. Auf diese Weise entstand das beigegebene Diagramm (Fig. 1) für die Plagioklasreihe. Als Grundlage derselben figuriren fünf verschiedenartige Typen, welche durch die Nummern 1, 2, 3, 4 und 5 bezeichnet worden sind.

Fig. 1.



Hierzu muss bemerkt werden, dass bei der Skizzirung meiner eigenen Beobachtungen ich mehrfach auf die Tabelle von **Max Schuster** Bezug zu nehmen genöthigt war, und auch umgekehrt, wenn die Frage beantwortet werden musste, welches Glied eben beobachtet wurde, nahm ich dieselbe Tabelle zu Hilfe; dann ergiebt sich die Antwort sehr leicht von selbst, da aus dem Diagramm für jedes Glied die Auslöschungsschiefe auf der Fläche (010) sehr leicht zu ermitteln ist (ohne jede besondere Construction).

Nun aber weicht die neue, von Hrn. Fouqué gegebene Tabelle der Auslöschungsschiefen auf der Fläche (010) etwas von der von **Max Schuster** gegebenen ab, und zwar für basischere Glieder. Merkwürdigerweise stimmen in dieser Hinsicht die Beobachtungen von Max Schuster selbst nicht mit seiner Tabelle überein. Auf Seite 211 seiner berühmten Arbeit »Ueber die optische Orientirung der Plagioklase« lesen wir: »Die in Folge beiläufiger Bestimmungen an anderen Präparaten, namentlich Spaltungsstücken, sonst noch gefundenen Werthe zeigen ziemlich bedeutende Schwankungen von 36⁰ bis 42⁰ auf *P*, von 37⁰ bis 43⁰ auf *M*.« Er selbst sieht in der Veränderlichkeit des Winkels zwischen beiden optischen Axen für verschiedene Glieder der Anorthitreihe die Erklärung dieser Schwankungen bei fester Lage der optischen Elasticitätsaxen. Im gewissen Sinne hat er unbestreitbar Recht, wie aus dem Diagramm Fig. 1 unmittelbar zu ersehen ist, da Nr. 2 sich ziemlich nahe Nr. 3 erweist, und also die Aenderungen in der Lage der Axen n_p und n_g für die dem Anorthit nächsten Glieder wirklich geringe sein müssen, besonders im Vergleich zu der Aenderung in der Lage der optischen Axen, wie dies auch (betreffs der Axe A_1) aus dem

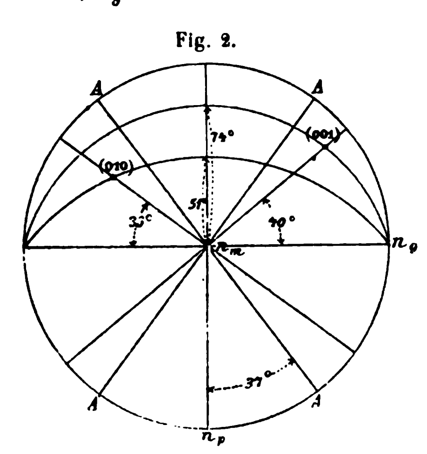
Diagramm von Hrn. Becke[1]) zu ersehen ist; aber auch die Aenderung in den Lagen der anderen Axen ist nicht zu verkennen.

Wovon aber kommt diese Nichtübereinstimmung zwischen den Beobachtungen dieses bedeutenden Forschers und seiner Tabelle? Ich glaube, dass die Ursache davon ist, dass Derselbe nicht homogenes Material analysirte, sondern ein Gemisch nahe stehender Glieder der Anorthitreihe. Wie variabel aber dieses Material ist, wird direct aus der Arbeit von Hrn. Fouqué ersichtlich (S. 312), da dieser mittelst schwerer Flüssigkeiten zwei verschiedene Portionen trennte, von denen die erste in Bezug auf das specifische Gewicht zwischen den Grenzen 2,736—2,756 und die andere zwischen den Grenzen 2,718—2,731 sich befand.

Jetzt will ich einige Worte der Art der Aufstellung der Diagramme nach den Beobachtungsdaten von Hrn. Fouqué widmen, um es augenscheinlich zu machen, welche dieser Daten die zuverlässigsten sind und welche im Widerspruche mit den anderen stehen. Glücklicherweise geben seine Beobachtungszahlen mehr, als unbedingt nothwendig ist für die Aufstellung eines Diagramms, so dass dadurch eine Selbstverification ermöglicht wurde.

Ich nahm zuerst diejenige Orientirung an, bei welcher die Axe n_p der ersten, n_g der zweiten Coordinatenaxe entspricht, und die Axe n_m vertical gedacht ist (der entsprechende Pol nahm also die Lage des Centrums der Projection Fig. 2 ein). Nach der Tabelle der optischen Axen konnte direct die Lage dieser Axen bestimmt werden (ihre beiden Pole auf dem Grenzkreise der Projection). Dann wandte ich die Tabelle der zu n_g senkrechten Schnitte an und las die Winkel zwischen der Trace der Fläche (010) und der Fläche (001) ab, ebenso wie die Grösse des Auslöschungswinkels[2]), natürlich auch den Sinn resp. das Vorzeichen dieser Grössen in Betracht ziehend. Auf diese Weise erhielt ich zwei Grosskreise, welche durch die Pole von n_g hindurchgehen, und auf denen sich die Pole der bezüglichen Flächen befinden müssen. Indem ich noch die entsprechende Tabelle für die zu n_m normalen Schnitte in Betracht zog und den gegebenen Zahlen gemäss noch zwei centrale (durch Geraden vertretene) Grosskreise verzeichnete, auf welchen die Pole derselben Flächen sich befinden müssen, erhielt

Fig. 2.



1) Tscherm. Miner. Mittheil. 14, 433.

2) Ich bediente mich dabei der in der neuesten Arbeit von Hrn. Michel-Lévy gegebenen graphischen Darstellungen dieser Beobachtungen.

ich diese Pole als Schnittpunkte je zweier Grosskreise. Dadurch wurde die Orientirung beider Pole in Bezug auf die Axen des optischen Ellipsoides festgestellt. Nun bleibt noch eine solche Transformation der Coordinatenaxen[1]) übrig, nach welcher die beiden gefundenen Pole ihre richtige Stellung im stereographischen Netze einnehmen[2]). In der Mehrheit der Fälle zeigte sich aber dabei, dass die letzte Forderung geradezu unausführbar ist, indem die Winkel zwischen den Polen dieser Flächen den wirklichen nicht gleich sind. Diese Art der Skizzirung der Diagramme erwies sich somit als unmöglich, und die Unzulässigkeit der auf die Trace von (001) sich beziehenden Winkel wurde ganz augenscheinlich.

Infolgedessen wandte ich eine andere Methode der Herstellung der bezüglichen Diagramme an. Ich begnügte mich zuerst mit der Auffindung des Pols der Fläche (010) und nahm nur diejenige Transformation vor, nach welcher der bezügliche Pol seine richtige Lage erhielt; dann blieb nur die Drehung der Projection um die zur Fläche (010) senkrechte Gerade als Drehaxe übrig (was natürlich sehr leicht auszuführen ist), bis die Projection diejenige Lage einnahm, bei welcher der zu (010) gehörende Auslöschungswinkel die von Hrn. Fouqué gegebene Grösse erhielt.

Diese Construction habe ich für fünf Typen (anhangsweise noch für andere) ausgeführt, nämlich für reinen Albit und Anorthit und für diejenigen Mischungen, welche von Hrn. Michel-Lévy durch die Ziffern III, V und VI bezeichnet werden.

Als Verificationsmittel dient z. B. die auf die zur Axe n_p normalen Schnitte sich beziehende Tabelle. Nun zeigen sich bedeutende Abweichungen von den beobachteten Grössen. Z. B. für reinen Anorthit wurde der Auslöschungswinkel $31\frac{1}{2}^0$ gefunden (statt des direct beobachteten Winkels 36^0); für einen Bytownit (mit 80 % *An*) wurde derselbe Winkel 41^0 (statt der beobachteten 33^0), für Labrador Nr. VII (also 60 % *An*) 35^0 (statt der beobachteten 32^0), für Labrador Nr. V (also 47 % *An*) 31^0 (statt der beobachteten 28^0) u. s. f.

Darauf fussend[3]) muss man unbedingt den Schluss ziehen, dass infolge des so bedeutenden Widerspruches in den Beobachtungszahlen von Hrn. Fouqué es ganz unmöglich erscheint, diese Zahlen als ganz zuverlässige zu betrachten und die darauf begründeten Diagramme als von vornherein richtige zu proclamiren. Wenn man die ungewöhnliche Sorgfalt in Betracht zieht, mit welcher diese Beobachtungen ausgeführt waren, nach der solche

---

1) Vergl. diese Zeitschr. **20**, 357. Später daselbst **21**, 630 ff.

2) In der Fig. 2 entsprechen die Zahlen dem 100 % Anorthit.

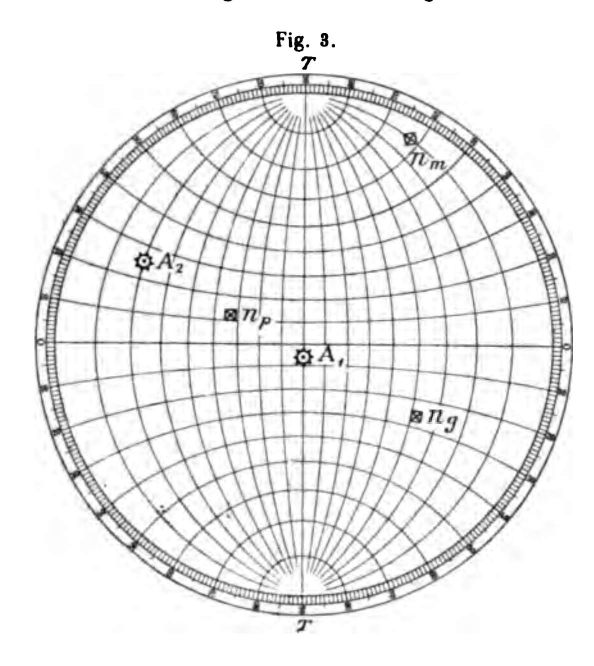
3) Ich ziehe aber diesen Schluss als einen vorläufigen mit grossem Vorbehalt. Vielleicht haben sich auch in meine graphischen Rechnungen irgend welche Ungenauigkeiten eingeschlichen, und darum ist es sehr wünschenswerth, dass dieselben Berechnungen noch von anderer Seite geprüft werden.

Abweichungen von der richtigen Grösse ganz unmöglich erscheinen, so bleibt nur die Voraussetzung übrig, dass die Annahme incorrect ist, nach welcher die von Demselben untersuchten Schnitte genau die zu den Axen des Ellipsoides normale Orientirung besassen.

In Anbetracht dessen, dass es trotz alledem unmöglich ist, in der Herstellung der von Hrn. Fouqué angewandten orientirten Schnitte sehr grosse Abweichungen von den richtigen Orientirungen anzunehmen (von der ungefähren Richtigkeit zeugen die directen Angaben dieses Gelehrten), dass ferner die, mittelst der von ihm gegebenen Zahlen construirten Diagramme für eine Reihe Typen genügend nahe übereinstimmende Resultate gaben mit den Diagrammen von Hrn. Michel-Lévy und denen des Verfassers, glaubte ich das Recht zu haben, als die wahrscheinlichsten die mittleren Grössen aus den nächsten Typen anzunehmen, wie oben erwähnt wurde.

Nachdem diese Vorarbeit abgeschlossen war, wandte ich mich wieder der Prüfung verschiedener Bestimmungsmethoden zu, und gelangte endlich zu folgendem Untersuchungsgange als dem zuverlässigsten, genauesten und dabei ganz praktischen, da für die Operationen selbst nur ein sehr geringer Zeitaufwand erforderlich ist, und wir als das Resultat der Bestimmung nicht nur eine sehr angenäherte Stellung des zu untersuchenden Gliedes in der Plagioklasreihe erhalten, sondern noch ein Verificationsmittel darin finden, ob die gemachte Bestimmung wirklich mit den aus der Beobachtung ermittelten Constanten im Einklange steht.

Fig. 3.



Bei der graphischen Darstellung der Beobachtungsresultate bediene ich mich des in Fig. 3 [1]) angegebenen Projectionsnetzes, und stelle dabei das Präparat in solcher Orientirung ein, dass die Trace der Spaltfläche (010) resp. die Trace der Zwillingsebene nach dem Albitgesetze mit dem

1) Ebenso für den Fall des Anorthites (Nr. 96, also Typus I) eingerichtet und zwar normal zur Verticalaxe.

Durchmesser TT coincidirt, und nun folgt die Aufsuchung aller drei Axen n_g, n_m und n_p.

Das letztere kann entweder vermittelst vorläufiger Bestimmung der beiden optischen Axen geschehen (worauf auf graphischem Wege auch die erforderlichen Axen sich leicht bestimmen lassen), und dann kann man sich des Universaltischchens mit Glaskreis bedienen, oder man bestimmt direct die Punkte g, m und p resp. die Pole der erforderlichen Axen, wozu die Benutzung des Tischchens mit drei Drehaxen unbedingt nothwendig ist.

Sind die Pole n_g, n_m und n_p ermittelt worden, so liest man direct (aus der Projection selbst) die von denselben mit den Punkten T gebildeten Winkel ab. Von diesen drei Winkelgrössen sind schon zwei genügend, um mittelst des eben zu besprechenden Diagramms sehr annähernd die Stellung des untersuchten Plagioklases zu ermitteln; die dritte Grösse dient zur Verification.

Das Princip dieses Verfahrens besteht in Folgendem:

Denken wir uns eine Zone, deren Axe sich in der Symmetrieebene des Albitzwillings befindet, resp. in der Fläche des zweiten Pinakoides (010), und nehmen nun an, dass der vorliegende Schnitt einer solchen Zone angehört. Die Trace der Fläche (010) ist natürlich die Gerade TT, und dieselbe bleibt fest in dieser Lage für alle Schnitte derselben Zone. Die Lagen der Axenpole n_g, n_m und n_p ändern sich natürlich für verschiedene Schnitte derselben Zone, indem für diese verschiedenen Schnitte jene Axenpole verschiedene Punkte sind, welche aber sämmtlich auf einem und demselben Kleinkreise liegen, als ob wir einfach die Projection um die Gerade TT gedreht hätten. Die Winkelabstände dieser Axenpole von den Polen T bleiben also für sämmtliche Schnitte der gleichen Zone dieselben. Für jeden gegebenen Plagioklas und eine gegebene Zone sind diese Winkelgrössen die gleichen; also sind sie Functionen von nur zwei veränderlichen Grössen: den optischen Constanten resp. der Stellung des gegebenen Plagioklases in der Reihe, und von der Lage der Zonenaxe in der Fläche (010). Sind die optischen Constanten bekannt, so lassen sich diese Winkelgrössen durch einfache Construction für alle Zonenaxen ermitteln. Diese Construction habe ich für alle Grundplagioklase ausgeführt, und als Resultat liess sich das auf Taf. III gegebene Diagramm erhalten. In diesem sind als Abscissen die Winkelgrössen der Zonenaxe mit derjenigen Geraden genommen, welche den Schnitt der Fläche (010) mit der horizontalen (resp. zur Verticalaxe senkrechten) Fläche bildet. Die letzte Richtung (für welche die Abscisse gleich 180° ist) deckt sich mit der ersten. Die Mitte dieses Diagramms (also für die Abscisse 90°) bezieht sich auf die verticale Zone. Die Ordinaten sind die erwähnten Winkelgrössen der Axenpole mit T.

Für verschiedene Axen sind die Curven mit verschiedenen Farben ge-

druckt, und zwar für die Axen n_g blau, für die Axen n_m schwarz und fü die Axen n_p roth.

Für verschiedene Plagioklase sind die Curven verschieden punktir wie dies direct aus der Tafel ersichtlich ist.

Der Grund, auf welchem die Anwendung dieser Methode basirt, is dass für eine bestimmte Zone ihre Axe mit den Axen n_g, n_m und n_p ei constantes Tetragonoëder bildet. Die von mir angewandte Methode erfor dert die Messung der ebenen Winkel, welche die Zonenaxe mit diesen Axe bildet. Natürlich ist ebenso möglich, dasselbe Tetragonoëder mittel Flächenwinkeln zu bestimmen und für diese Winkel ein Diagramm zu ski zīren. Da aber die Curven dieses anderen Diagramms viel unregelmässige verlaufen als für das vorliegende, so finde ich infolgedessen die Anwen dung dieses anderen Diagramms weniger zweckmässig.

Bei der Anwendung des vorliegenden Diagramms, welche übrigen aus den weiter folgenden Beispielen viel klarer werden wird, kommen wi zugleich zur Bestimmung der Axe derjenigen Zone, welcher der gegeben Schnitt angehört, wie auch der Stellung des betreffenden Plagioklas in de Reihe der anderen, indem wir, wenn auch mit einer Annäherung, schätze können, in welchem relativen Abstande der vorliegende Plagioklas von de nächsten fixirten Typen steht. Mit demselben Annäherungsgrade könne wir uns also über den Procentgehalt an Anorthit ein Urtheil bilden. Da Resultat dieser Schätzung ist also zunächst die sehr annähernde Bestim mung dieses Procentgehaltes.

Da man mit Vermehrung der Erfahrung immer mehr und meh Variationen in diesem Gehalte trifft, so fällt damit zusammen die Be deutung der früher aufgestellten wenigen Typen der Plagioklase. Her Fouqué sagt: »Pour mon compte, je me refuse à accepter une descrip tion pétrographique, quelque soit l'autorité de celui qui l'a faite, lor que l'on se contente, par exemple, d'énoncer que le feldspath princip d'une roche est un plagioclase, ou même lorsque l'on ajoute qu'il est pl voisin de l'anorthite que de l'albite, ou inversement« (S. 286). Von diese Standpunkte aus, welcher in der Petrographie immer mehr und meh vertreten wird, ist das Gewünschte, die gesteinsbildenden Plagioklas ebenso wie die Mineralien überhaupt, möglichst individuell zu charak terisiren.

Dieser Bestrebung folgend, kann ich sagen, dass selbst die genöthig Zutheilung eines gegebenen Plagioklas zu einem typischen Gliede nicht e wünscht ist; es liegt kein Vortheil darin, dass wir ein gegebenes Glie einem gegebenen Typus zusprechen und sagen, es sei ein Albit, ein An desin oder ein Bytownit, wenn wir ziemlich genau dessen Anorthitgeha kennen. Es erscheint viel vortheilhafter, dasselbe direct durch den Ano thitgehalt zu charakterisiren und einfach von einem Plagioklas mit 25 %

37 % oder sonstigem Procentgehalt an Anorthit zu sprechen, oder am einfachsten, die Glieder der Reihe mit Nummern zu bezeichnen: es sei Plagioklas Nr. 25, resp. Nr. 37 oder sonstige Nummer. Dementsprechend habe ich im Folgenden die von mir bestimmten Plagioklase nach ihren Nummern geordnet. Wenn die Bestimmung nicht genügend sicher ist, scheint es mir besser, die Grenzen anzugeben, zwischen welchen der zu bestimmende Plagioklas sich befinden muss, etwa wie dies von Hrn. Becke ausgeführt wurde[1]), als von vorn herein genöthigt zu sein, ihn durch einen besonderen Namen zu bezeichnen. Man kann auch, wie es gewöhnlich für weniger genaue numerische Daten geschieht, die Bestimmung in den nächsten runden Zahlen aussprechen, etwa Nr. 20, Nr. 35 u. dergl.

Das Diagramm des Orthoklas kommt einem zwischen den Typen 4 und 5 liegenden Gliede sehr nahe, etwa dem Plagioklas Nr. 18; die auf die Axe n_g sich beziehende Curve ist eine horizontale Gerade, da der von dieser Axe mit sämmtlichen Zonenaxen eingeschlossene Winkel genau gleich 90° sein muss. Darauf fussend kann, falls eine genauere Ermittelung numerischer Daten gelungen ist, der Orthoklas gerade durch diesen Winkel genau bestimmt werden.

Wie man sieht, kann jetzt die Bestimmung des Orthoklas sehr gut selbst dann erfolgen, wenn keine verzwillingten Individuen vorliegen, was bis jetzt bei der optischen Bestimmung unentbehrlich war.

Wie man aus dem gegebenen Diagramm ersieht, ist jener Winkel überhaupt von höchster Bedeutung. Für saurere Glieder, und zwar für reinen Albit, kann derselbe nicht unter 73° betragen, für andere Glieder steht die untere Grenze noch höher, und etwa für Plagioklas Nr. 18 ist dieser Winkel in allen Fällen einem rechten sehr nahe.

Für weitere Glieder fällt wieder die untere Grenze dieses Winkels; für Plagioklas Nr. 25 (Typus 4) fällt diese Grenze bis 85°, für Plagioklas Nr. 50 (Typus 3) bis 58°, für Plagioklas Nr. 62 (Typus 2) bis 52° und für Plagioklas Nr. 94 (Typus 1) bis 46°.

Für andere Winkel haben wir auch etwas Analoges, aber weitaus weniger charakteristisch. Ich bespreche diesen Punkt nicht näher, da dies direct aus dem Diagramm zu ersehen ist.

Jetzt will ich ein paar Worte über die nähere Bestimmung der Orientirung des gegebenen Schnittes sagen.

Diese lässt sich viel genauer zu Stande bringen, falls ein Zwilling vorliegt, in welchem die beiden Individuen gleich genau optisch studirt werden können, und wenn dabei beide genau einem und demselben Gliede

1) Wenn auch Hr. Becke nicht direct die Grenzen durch die Nummern belegte, so hat er doch diese Grenzen durch rechtwinklige Vierecke graphisch sehr deutlich dargestellt (Bestimmung kalkreicher Plagioklase S. 487).

der Plagioklasreihe angehören. Ist dies der Fall, so können wir leicht auf graphischem Wege den Pol der Zwillingsaxe bestimmen, und liegt ein Albitzwilling vor, so gebührt diesem Pol eine ganz bestimmte Stellung im stereographischen Netze. Dasselbe gilt für den Karlsbader Zwilling.

Wie man aus den weiter angegebenen Beispielen ersehen kann, trifft man ausser diesen Zwillingen noch solche nach einigen besonderen, wie es scheint bis jetzt unbekannten, Gesetzen an, und es lassen sich diese Gesetze auf rein optischem Wege ermitteln und dabei vielleicht nicht weniger sicher, als dies auf goniometrischem Wege geschieht. Ich möchte sogar sagen, dass manchmal auf diesem Wege ein Zwilling sicher festgestellt werden kann, dessen Gesetz bei Constatirung desselben auf goniometrischem Wege zweifelhaft bleiben könnte. Uebrigens kann man sich davon nach den weiter zu besprechenden Beispielen eine Vorstellung bilden.

Jedenfalls, ist einmal constatirt worden, dass der vorliegende Zwilling weder ein Albitzwilling, noch ein Karlsbader Zwilling ist, so muss die Ermittelung der Orientirung des Schnittes vorgenommen werden, welche von der Lage der Zwillingsaxe ganz unabhängig ist, als ob wir einen einfachen Krystall vor uns hätten.

Dies kann man ziemlich genau ausführen, falls der vorliegende Feldspath mit einem festgestellten Typus fast identisch ist. Sonst kann man dabei nur annäherungsweise verfahren.

Das Verfahren besteht nämlich darin, dass man bestimmt, welche Winkel die Axen n mit der zur Fläche (010) normalen Geraden bilden, und dann zuerst diejenige Transformation des Projectionsbildes ausführt, für welche die Gerade TT (d. h. die Axe der Zone des gegebenen Schnittes) ihre feste Lage behält und die Axen n in diejenigen Lagen kommen, bei welchen sie die geforderten Winkel mit der oben genannten Geraden bilden. Diese Transformation ist die Drehung der Projectionssphäre um die Gerade TT. Die andere, noch übrig bleibende, Transformation ist die Drehung derselben Sphäre um eine zu TT senkrechte Gerade in derjenigen Richtung und um denjenigen Winkel, bei welchen diese Zonenaxe ihre richtige Lage auf der Projectionssphäre erhält. Die Grösse des Drehungswinkels wurde schon aus dem Diagramm bei der Bestimmung der Nummer des Plagioklases gefunden. Die Lage desjenigen Punktes, welcher zuerst das Centrum der Projection bildete, giebt jetzt die gesuchte Orientirung des gegebenen Schnittes.

Die die Pole von n_g, n_m und n_p der beiden Individuen des Zwillings verbindenden Grosskreise müssen sich in einem einzigen Punkte schneiden, und zwar im Pol der Zwillingsaxe des gegebenen Zwillings (wenn dieser Zwilling dadurch charakterisirt werden kann, dass ein Individuum aus dem anderen mittelst einer Drehung um den Winkel 180° hervorgeht).

Im Falle des Zwillings nach dem Albitgesetze müssen, theoretisch be-

trachtet, die Zahlen für die Axen n_g, n_m und n_p des einen Individuums respectivo gleich sein den Zahlen des anderen Individuums. In der That erhält man nur kleine Differenzen, wie aus den weiter folgenden Beispielen ersichtlich sein wird.

Zum Schlusse dieses einleitenden Theiles meiner Arbeit will ich noch die Curven gleichzeitiger Auslöschung verschiedener Plagioklase erwähnen. Ich verfahre dabei ganz nach dem Vorschlage von Hrn. Michel-Lévy, d. h. die Diagramme zweier Plagioklase, in welchen die Curven der gleichen Auslöschungswinkel gezeichnet waren, wurden aufeinander gelegt, und die Schnittpunkte der auf gleiche Auslöschungswinkel sich beziehenden Curven gemerkt. Auf diese Weise wurde für jedes Paar der Plagioklase eine Curve der gleichzeitigen Auslöschung erhalten. Die Diagramme wurden für alle fünf aufgestellten Typen geprüft, und dabei zeigte sich, dass alle Curven auseinander gehen, und die wirkliche Curve der Pole der optischen Axen eine mittlere Lage unter allen diesen Curven angenommen hatte. Die Curven für einander nächstliegende Typen verliefen regelmässiger und im Ganzen näher der theoretischen Curve, als die Curven für weiter von einander stehende Typen. Bemerkenswerth ist, dass die beste Uebereinstimmung gerade für denjenigen Theil der theoretischen Curve statthatte, für welchen keine in der Natur vertretenen Glieder vorhanden sind, d. h. der zwischen den Axenpolen der optischen Axen des Albit und des Anorthit liegt.

Die theoretische Curve für Albit und Anorthit (Axe A_1) nähert sich einem Grosskreise, welcher um etwa 4° von der Verticalaxe absteht, und der Pol dieses Grosskreises (d. h. der Punkt auf der Sphäre, welcher von den Punkten dieses Grosskreises um 90° entfernt ist) nimmt etwa die mittlere Lage in der Curve für die optischen Axen A_2 ein. Ob diesem Grosskreise resp. diesem Pol eine krystallographische Bedeutung zukommt, bleibt für mich ganz dunkel.

Nun wenden wir uns zu den verschiedenartigsten Beispielen, welche aus meinem Beobachtungsjournal entnommen sind und zu älteren und besonders zu neueren Beobachtungen gehören. Die Bestimmungen des Plagioklas Nr. 78 führte mein Assistent in den Turjinsk'schen Gruben, Herr W. W. Nikitin aus, welcher die Güte hatte, diese sehr genaue Bestimmung in der Form der graphischen Darstellung der rohen Beobachtungen auf dem stereographischen Netze zu meiner Verfügung zu stellen.

Plagioklas Nr. 0 (reiner Albit)

(aus Schmirn in Tirol; Schnitt nach (100)).

Die Beobachtung gehört zu den älteren. Ausgeführt mit dem Universaltischchen Typus II älterer Construction.

Die angewandte Methode war die der directen Bestimmung der optischen Axen beider Individuen eines Zwillings.

Die Zwillingstrace auf den Nullpunkt gestellt[1]):

Auslöschungswinkel des I. Individuums[2]) $+ 73^0$

- - II. - $- 77^0$

Krystallographische Coordinaten der optischen Axen:

der ersten Axe des	I. Individuums:	$A = 51^0$	;	$\alpha = 99\frac{1}{2}^0$
- zweiten - -	I. -	$A = 54\frac{1}{2}$	;	$\alpha = 292\frac{1}{2}$
- ersten - -	II. -	$A = 306$	;	$\alpha = 247$
- zweiten - -	II. -	$A = 311$	;	$\alpha = 80$

Diesen Zahlen gemäss wurde die graphische Darstellung ausgeführt. Diese zeigte eine Ungenauigkeit in obigen Beobachtungszahlen, indem der Schnittpunkt der durch die Axenpole $A_1^1 A_1^2$ resp. durch $A_2^1 A_2^2$ hindurchgehenden Grosskreise sich nicht genau mit dem Pol der Zwillingsaxe deckte, d. h. mit dem von den nächsten Axenpunkten gleich weit entfernten Punkte, so dass eine Art Ausgleichung der erhaltenen Resultate möglich wurde.

Nachdem diese Ausgleichung ausgeführt war und die mittleren Lagen der Axenpole von n_g, n_m und n_p ermittelt waren, erhielt ich für diese Axen resp. die Zahlen: $72\frac{3}{4}$, 19, 81. Das stimmt sehr gut mit dem Typus 5 des Bestimmungsdiagramms und zwar für die Zonenaxe 95⁰.

Daraus ersieht man, dass der wirkliche Schnitt wenigstens um 5⁰ von dem gewünschten abwich.

Als der rohe Beobachtungswinkel zwischen den optischen Axen erwies sich für das erste Individuum 101⁰, für das zweite Individuum 106⁰ um die Axe n_p. Die mittlere Grösse stimmt also recht gut mit dem von Hrn. Fouqué und Michel-Lévy gegebenen Winkel 104⁰.

Das Zwillingsgesetz war ganz deutlich das Albitgesetz.

Plagioklas Nr. 0 (reiner Albit)

(von demselben Fundorte; Schnitt senkrecht zur Verticalaxe).

Diese Beobachtung gehört zu den neuesten und wurde mit Hilfe des Universaltischchens mit drei Drehaxen ausgeführt.

Der Schliff war ziemlich dick, daher höhere Polarisationsfarben zum Vorschein kamen. Es war sogar unmöglich, den Auslöschungswinkel direct zu bestimmen resp. die Dunkelheitslage zu finden ohne Anwendung einer mehr homogenen Lichtquelle. (Es wurde rothes und blaues Glas angewendet; die Beobachtungen erwiesen sich schärfer für rothes Licht.)

Auslöschungswinkel (für rothes Licht) des I. Individuums $+ 1\frac{1}{2}^0$

- - II. - $- 1\frac{1}{2}$

---

1) In anderen Beobachtungen, wo dies nicht der Fall war, habe ich die Zahlen (mittelst einfacher Addition resp. Substraction) umgerechnet, so dass diese Trace immer auf den Nullpunkt gestellt gedacht wird.

2) Immer in der + Richtung gemessen.

Es wurden dann direct die Symmetrieebenen des optischen Ellipsoides bestimmt, d. h. eigentlich die Punkte g und p.

Krystallographische Coordinaten

	im rothen Lichte:		im blauen Lichte:	
f. d. Punkt g d. I. Ind.	$A = +16\frac{1}{2}^0$;	$\alpha = -97^0$;	$A = +15\frac{1}{2}^0$;	$\alpha = -94\frac{1}{2}^0$
- p - I. -	$A = +10\frac{1}{2}$;	$\alpha = -2\frac{1}{2}$;	$A = +7\frac{1}{2}$;	$\alpha = -2$
- g - II. -	$A = -15$;	$\alpha = -92\frac{1}{2}$;	$A = -14$;	$\alpha = -90\frac{1}{2}$
- p - II. -	$A = +9$;	$\alpha = -4\frac{1}{2}$;	$A = +7\frac{1}{2}$;	$\alpha = -2$

Diesen Zahlen gemäss wurde die graphische Darstellung ausgeführt. Es konnte wieder eine Ungenauigkeit constatirt werden, so dass es unzweckmässig gefunden wurde, aus diesen Zahlen die Axen des Ellipsoides für jede Lichtart besonders aufzustellen, sondern vielmehr besser, einen Mittelwerth daraus zu ziehen.

Nachdem dies ausgeführt, wurden für die Axen n_g, n_m und n_p folgende Winkelgrössen bestimmt: 89°, 85° und 5°.

Diese Zahlen stimmen sehr gut mit dem Nullpunkte des Bestimmungsdiagramms, so dass dieser Plagioklas sehr scharf als Plagioklas Nr. 0 bestimmt werden konnte; die Zonenaxe des Schnittes entspricht ganz genau dem Punkte 0°. Ueberhaupt ist dieser Schnitt ausgezeichnet gelungen und erwies sich fast ganz genau senkrecht zur Verticalaxe.

Weiter wurden die optischen Axen an dem ersten Individuum mittelst der Methode der Auslöschungscurven bestimmt. Nachdem eine optische Axe (deren Lage sich ganz nahe an der Grenze des Gesichtsfeldes erwies) annähernd festgestellt war, wurden wenige Lagen des Universaltischchens geprüft und als die beste Lage diejenige gefunden, für welche der Winkel $M = 308^0$.

Dann wurden folgende Auslöschungswinkel bestimmt:

für $J =$	0^0,	$+40^0$,	-40^0
- $E =$	-49,	$-45\frac{1}{2}$,	-51

Die Auslöschungscurven trafen sich in dem Punkte, dessen Coordinaten:

$$A = -82^0; \quad \alpha = -98^0$$

Zur Verification wurde noch eine andere Lage geprüft, für welche $M = 46^0$. Hier beobachtete man:

für $J =$	0^0,	$+40^0$,	-40^0
- $E =$	$+49$,	$+53\frac{1}{2}$,	$+42\frac{1}{2}$

Als Schnittpunkt erwies sich der Punkt: $A = 72\frac{1}{2}^0$; $\alpha = +98^0$.

Daraus wurde leicht der Winkel zwischen beiden optischen Axen um die Axe n_g gleich 76° gefunden, was mit der eben gemachten Beobachtung im Einklange steht.

Auch hier ist das Zwillingsgesetz ganz genau das Albitgesetz.

Plagioklas Nr. 25

(aus Tvedestrand in Norwegen; Schnitt nach (001)).

Es wurden zahlreiche und sehr dünne Zwillingslamellen beobachtet. Natürlich wurde diejenige Stelle des Präparates ausgewählt, in welcher etwas breitere Lamellen gefunden wurden.

Die Beobachtung gehört zu den neuesten und wurde mittelst des Universaltischchens mit drei Drehaxen ausgeführt.

Zuerst wurden die Punkte g und p bestimmt, und zwar erhielt man:

Krystallographische Coordinaten

für den Punkt g des I. Individuums	$A = 0^0$	;	$\alpha = +91^0$
- p - I. -	$A = -8\frac{1}{2}$	;	$\alpha = +1$
- g - II. -	$A = +7$	;	$\alpha = +87\frac{1}{2}$
- p - II. -	$A = -7\frac{1}{2}$	;	$\alpha = -1\frac{1}{2}$

Der Auslöschungswinkel des I. Individuums $+ 89^0$

- - II. - $- 89$

Nachdem die graphische Darstellung ausgeführt wurde, erhielt man als Bestimmungszahlen:

für das I. Individuum 89^0; 82^0; 8^0
- II. - 88 ; 83 ; $7\frac{1}{2}$
Mittel $88\frac{1}{2}^0$; $82\frac{1}{2}^0$; $7\frac{3}{4}^0$

Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, dass dieses Glied dem Typus 4, also Nr. 25 sehr nahe steht, sich aber etwas dem Albit nähert.

Die Zonenaxe ist durch den Winkel $147\frac{1}{2}^0$ bestimmt.

Auch dieses Beispiel ist sehr geeignet, zu zeigen, wie viel die Fehler in der Orientirung, selbst wenn nach einer Spaltungsfläche geschliffen wird, betragen können.

Die Methode der Bestimmung des Winkels zwischen den optischen Axen wurde für dieses Beispiel schon im I. Theile erläutert (S. 246). Man sieht daraus, dass der Winkel um die Axe n_g gleich 93^0 gefunden wurde; dies steht im Widerspruch mit der Tabelle von Hrn. Fouqué, welcher für die dem gegebenen nächsten Glieder fast genau 90^0 angiebt.

Andererseits wird aber in der ersten Arbeit von Hrn. Michel-Lévy (Étude sur la détermination etc. pl. III) der Winkel 97^0 angegeben, und der Winkel 90^0 ergab sich für Plagioklas Nr. 22 (pl. II), sodass meine Bestimmung fast genau in der Mitte steht und darum die wahrscheinlichste ist. Ausserdem muss man darauf achten, dass die angewandte Methode schwerlich einen über 1^0 hinausgehenden Fehler zuliesse [1]).

Auch hier ist das Zwillingsgesetz das Albitgesetz.

Ich stellte die Beobachtungen auch für andere, in den Grenzen Nr. 20

1) Falls dabei die Ausgleichung berücksichtigt wird. Uebrigens stellt das vorliegende Präparat nicht die günstigsten Verhältnisse dar.

bis 26 stehende Glieder der Plagioklase an, aber immer wurden so schmale Zwillingslamellen gefunden, dass die Präparate für genauere Aufstellung der optischen Constanten nicht geeignet waren. In Dünnschliffen der Gesteine wurden solche Glieder (in der neueren Reihe der Beobachtungen, wohl aber bei den ältesten, in welchen ich noch meine früheren Bestimmungsdiagramme benutzte) nicht angetroffen.

Plagioklas Nr. 37

(aus einem Dünnschliffe des sogenannten Sanidintrachyts von Arso auf Ischia[1])).

In dem Dünnschliffe sieht man glasige Basis sehr überfüllt mit nadelförmigen Mikrolithen eines Feldspathes und mit seltenen Körnchen von Augit; deutliche Fluidalstructur. Viele kleine und unregelmässige Klümpchen von Kaolin. Grössere Einsprenglinge eines Plagioklas, meistens leistenförmig und in einfachen Zwillingen, seltener mit polysynthetischen Zwillingslamellen (als Ausnahmefall sieht man sogar sehr schmale Querlamellen — nach dem Periklingesetze?). Seltener grössere Einsprenglinge von Augit. Dabei macht sich kein Gegensatz kund zwischen Mikrolithen der Grundmasse und Einsprenglingen.

Wenn man die gleich zu beschreibende Bestimmung in Betracht zieht, so wird dieses Gestein viel wahrscheinlicher für einen Andesit anzusehen sein.

Die Beobachtung gehört zu den älteren und wurde mit einem grösseren Einsprengling ausgeführt, welcher die Form eines Zwillings mit einer breiteren (I. Ind.) und einer schmäleren Lamelle (II. Ind.) besass und zwar nach der Methode der directen Bestimmung der optischen Axen.

Von der breiteren Lamelle gelang es nur eine optische Axe zu fixiren, von der schmäleren aber beide.

Auslöschungswinkel des	I. Individuums	$+ 80^0$
-	- II. -	$- 71\frac{1}{2}$

Krystallographische Coordinaten der optischen Axen:

der ersten	Axe des I. Individuums:	$A = 33\frac{1}{2}^0$	$(31\frac{1}{2})$;	$\alpha = + 26^0$
- -	- - II. -	: $A = 301\frac{1}{2}$	$(55\ )$;	$\alpha = - 39\frac{1}{2}$
- zweiten	- - II. -	: $A = 65\frac{1}{2}$	$(61\frac{1}{2})$;	$\alpha = - 104\frac{1}{2}$

Nachdem die Axen n_g, n_m und n_p auf graphischem Wege fixirt waren, liessen sich die Zahlen: $72\frac{1}{2}$, $44\frac{1}{2}$, $51\frac{1}{2}$ erhalten. Daraus ist zu schliessen, dass dieses Glied fast in der Mitte zwischen den Typen 3 und 4 liegt, etwas näher zum letzten, also ungefähr Nr. 37 ist. Die Zonenaxe ist etwa durch den Winkel 95^0 bestimmt.

---

1) Unter dieser Etiquette wurde dieser Dünnschliff u. a. von Hrn. Fuess in Berlin erhalten (aus der Collection typischer Gesteine nach der Auswahl von Herrn Prof. F. Zirkel, Nr. 5).

Nun findet man, dass die fixirte optische Axe des I. Individuums s von derselben Zonenaxe in einem anderen Winkelabstande befindet, als beiden optischen Axen des II. Individuums, und zwar erhält man für Axen des II. Individuums die Zahlen 50½ und 77, dagegen für die des I. dividuums 62½.

Führt man nach dem oben angegebenem Verfahren annähernd die hörigen Transformationen der Projectionsebene aus, so wird man seh dass das hierzu gehörende Zwillingsgesetz das Karlsbader ist.

Natürlich sind die eben beschriebenen Beobachtungen etwas grob.

Der Winkel zwischen den optischen Axen ist auf graphischem W gleich — 91½° gefunden statt — 98° nach Hrn. Fouqué[1]).

Plagioklas Nr. 38

(aus einem Dünnschliffe des sogen. Diorits von Burg Landsberg b. Barr, Unter-Elsas

Im Dünnschliffe erkennt man ein holokrystallinisches, aber keinesw typisch körniges Gestein, welches wesentlich aus Feldspäthen und gr automorpher Hornblende zusammengesetzt ist. Vielmehr ist das Ges ein porphyrisches mit holokrystallinischer Grundmasse, welcher viel Q beigemengt ist (in unregelmässigen Körnchen, aber sehr gut bestimmt Hornblende theilweise durch Epidot ersetzt unter Ausscheidung von Magn

Die Feldspäthe theils in einfachen Individuen, theils in einfachen Z lingen, öfters aber in polysynthetischen. Wahrscheinlich hat hierbei Or klas einen Antheil.

Für mich war bei der Beobachtung dieses Schliffes besonders interess die vollständige Identität zu ersehen mit einem in dem Bogoslowsk'sc Bergreviere sehr zahlreich vertretenem Typus von Gesteinen, welche preliminatorisch einfach als Hornblendeporphyre bezeichne, trotzdem in der überwiegenden Mehrzahl Plagioklasglieder mehr vertreten sind Orthoklas[3]). Diese sehr verbreitete Gruppe Gesteine ist dort in sehr v schiedenartigen Facies vertreten. Einerseits trifft man echte Hornblen granite, aber selbst unter diesen findet man sehr selten Vorkommnisse welchen Plagioklas ganz abwesend wäre. Oft ist derselbe sogar in ül wiegendem Maasse vertreten. Oefters kann man die der Nr. 50 nahe henden Glieder der Plagioklasreihe bestimmen. Andererseits trifft eine Felsitfacies derselben Gruppe an (diese ist besonders reich an dem (

---

1) Der Einfachheit wegen will ich durch — den Winkel um die Axe n_p und d + den Winkel um die Axe n_g bezeichnen; —91½° ist also gleich +88½°.

2) Aus der eben erwähnten Fuess'schen Collection der typischen Gesteine, nach der Auswahl von Hrn. Prof. Rosenbusch, Nr. 16.

3) Jedenfalls sind diese Gesteine scharf von den echten Dioriten zu trennen, w mit den Diabasen in enger Verbindung stehen, aber einen sehr seltenen Typus de steine im Bogoslowsk'schen Bergreviere, wie im Ural überhaupt, darstellen.

tacte mit anderen Gesteinen in den Turjinsk'schen Kupfergruben vertreten), und an manchen Vorkommnissen konnte durch einfache mikrochemische Reaction ein grosser Gehalt an Kalisilicat und fast völliges Fehlen von Natronsilicat constatirt werden. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ist diese Gruppe durch echte Porphyrfacies vertreten, mit mehr oder weniger entwickelter felsitischer Grundmasse.

Die hierauf sich beziehende Beobachtung gehört zu den älteren und wurde fast gleichzeitig mit der vorigen ausgeführt. Die angewandte Methode ist ebenfalls die Methode der directen Bestimmung der optischen Axen.

Auch hier konnte man an einem Individuum nur eine optische Axe, an dem anderen beide fixiren.

Auslöschungswinkel des I. Individuums — 70°
- - II. - + 31

Krystallographische Coordinaten der optischen Axen:

der ersten Axe des I. Indiv.: $A = 315\frac{1}{2}°$ ($43\frac{1}{2}$); $\alpha = 129°$
- zweiten - - I. - : $A = 56$ (55); $\alpha = 91$
- ersten - - II. - : $A =$ etwa 20 — 21°; $\alpha = 218$ (sehr undeutl.).

Diesen Zahlen gemäss wurden die Lagen der Axenpole von n_g, n_m und n_p fixirt durch die Zahlen: 70°, $27\frac{1}{2}°$, 75°. Der bezügliche Plagioklas steht also fast genau in der Mitte zwischen den Typen 3 und 4, ist also ungefähr Nr. 38. Der Zonenaxe entspricht der Winkel 71—72°.

Auch hier wurde angenähert die Transformation der Projectionsebene ausgeführt, und wieder ein Karlsbader Zwilling constatirt, aber die Ungenauigkeit in der Lage der optischen Axen des II. Individuums trat deutlich zu Tage, sodass das Gesetz selbst nicht so scharf zum Ausdrucke kommt.

Der Winkel zwischen den optischen Axen wurde ca. — (92°—$92\frac{1}{2}°$) gefunden, statt $97\frac{1}{2}°$ nach Hrn. Fouqué.

Plagioklas Nr. 40

(aus einem Dünnschliffe des Dacits von »Bayfalu« (?) in Ungarn[1]).

Im Dünnschliffe sieht man amorphe Basis und Ausscheidungen von Feldspath und Quarz in gleichmässiger Vertheilung. Quarz theils in abgerundeten und corrodirten Formen, theils mit erhaltenen Krystallflächen. Feldspäthe meistentheils zonar gebaut, aber von dem Unterschied zwischen den Gliedern verschiedener Wachsthumszonen ist fast abzusehen. Die grössten Ausscheidungen der letzteren sind entweder einfache Individuen oder einfache Zwillinge (wahrscheinlich nach dem Karlsbader Gesetze), aber öfters kommen dazu auskeilende dünne Lamellen, manchmal auch normale

1) Das Präparat gehört der Collection des Landwirthschaftlichen Instituts an (Nr. 252).

polysynthetische Zwillinge (ziemlich selten auch sehr dünne Querlamellen). Zu diesen Bestandtheilen gesellen sich noch Blättchen eines sehr dunklen Biotits in sehr sparsamer Vertheilung. Ausnahmsweise wurden noch kleine Zwillinge von Augit wahrgenommen.

Die an einer verzwillingten Ausscheidung ausgeführte Beobachtung gehört zu den neueren, und zwar wurde die Methode der Auslöschungscurven, sowie auch die Methode der Bestimmung mittelst optischer Curven angewandt.

Auslöschungswinkel des I. Individuums — 9^0
- - II. - $+ 38$

Der Pol einer optischen Axe des I. Individuums wurde als Schnittpunkt der optischen 0^0- und 45^0-Curven fixirt; dessen Coordinaten sind nämlich: $A = -14^0$; $\alpha = +40\frac{1}{2}^0$.

Die optischen Axen des II. Individuums konnten viel genauer ermittelt werden.

Nach einer vorläufigen Bestimmung einer optischen Axe wurde dann, wie erwähnt, die Methode der Auslöschungscurven angewandt bei der Prüfung einer ziemlich langen Reihe von Stellungen des Präparats. Dabei wurden die bei einer Stellung ausgeführten Messungen, welche zugleich die Meridiane für beide Axen bestimmten, dann bei anderer Stellung einer Verification unterworfen und zuerst nicht bestätigt gefunden, so dass es als nöthig erschien, die erste Stellung noch einmal bei genauerer Fixirung zu prüfen. Auf diese Weise wurde als das endgültige Resultat der gut übereinstimmenden Messungen das Folgende gefunden:

Krystallographische Coordinaten der optischen Axen:

der ersten Axe des II. Individuums: $A = 23\frac{1}{2}^0$; $\alpha = -3\frac{1}{2}^0$
- zweiten - - - - $A = 275\frac{3}{4}$; $\alpha = +81\frac{1}{4}$

Für dasselbe Präparat wurde auch die directe Bestimmung der Zwillingsfläche nach der in dem I. Theile dieser Arbeit beschriebenen Methode ausgeführt, und zwar wurde das Präparat um verschiedene Winkel geneigt und bei jeder Neigung unter Drehung des Präparats in seiner Ebene die Lage fixirt, bei welcher die dünnsten auskeilenden Lamellen sich am schärfsten wahrnehmen lassen.

Es wurden dabei folgende Zahlen erhalten:

für $M =$	$30\frac{1}{2}^0$,	$60\frac{1}{2}^0$,	90^0,	105^0,	$120\frac{1}{2}^0$,	129^0
- $J =$	$-53\frac{1}{2}$,	$-48\frac{1}{2}$,	-44,	-47,	$-45\frac{1}{2}$,	-51

Aus diesen Beobachtungszahlen weicht nur unbegreiflicherweise die für $120\frac{1}{2}^0$ sehr von der geforderten Lage sämmtlicher Punkte auf einem und demselben Grosskreise (der grammastereographischen Projection der Zwillingsebene) ab; dies kommt freilich von einem Versehen.

Diese Bestimmungen geben aber direct auch die Lage der zu dieser

Ebene normalen Axe, welche sich wirklich als eine Zwillingsaxe (nach dem Albitgesetze) erwies. Diese Bestätigung kam aber erst dann zum Vorschein, als nach allen Zahlen der Beobachtung die graphische Darstellung ausgeführt wurde und dabei für die Axen n_g, n_m und n_p die Zahlen 68°, 26°, 80½° erhalten wurden. Diesen Zahlen gemäss, welche dem Plagioklas die Nummer 40 zuschreiben liessen und der Zonenaxe des Schnittes den Winkel 47°, wurden die Transformationen der Projectionsebene ausgeführt, und in Wirklichkeit die eben gegebenen, auf Grund ganz anderer Verfahren ermittelten Winkel, 47° für die erste Transformation und 48° für die zweite, gefunden.

Dabei ersehen wir direct aus der Projection, das für die beobachtete Axe ($A_1{}^1$) des I. Individuums der Winkel mit der Zonenaxe gleich 81° ist und die entsprechende Axe ($A_1{}^2$) des II. Individuums den Winkel 82° bildet. Folglich ist der vorliegende Zwilling ein echter Albitzwilling.

Der Winkel zwischen den optischen Axen wurde auf graphischem Wege gleich —87½° gefunden. Darin liegt ein colossaler Unterschied von dem zu erwartenden Winkel, ebenso wie von dem von Hrn. Fouqué direct für die nahe liegenden Glieder der Plagioklasreihe bestimmten (—98°). Dieser Winkel ist als ein ganz anormaler zu bezeichnen, welcher in directem Widerspruche mit dem allgemeinen Diagramm der Plagioklase steht. Da aber bei der Uebereinstimmung in den Beobachtungszahlen, welche grade für diesen Fall statt hat, von einem grossen Fehler in der Bestimmung keine Rede sein kann, so ist dieser anormale Fall besonders zu besprechen.

Dieses Glied steht sehr nahe denjenigen Gliedern der Plagioklasreihe, welche gewöhnlich als typische Andesine bezeichnet werden.

Wenden wir uns an die berühmte Arbeit von Max Schuster, so finden wir an einem sorgfältig ausgewählten und genau chemisch analysirten Material einen noch anormaleren Winkel aus directer Beobachtung (mittelst des Schneider'schen Apparates ausgeführt) entnommen, und zwar den Winkel —85½° (S. 181). Das Material stammt ebenfalls aus den siebenbürgischen Gesteinen.

In der ersten »Étude sur la détermination etc.« von Hrn. Michel-Lévy (S. 26) finden wir den Axenwinkel 90°. Der meinige steht also gerade in der Mitte.

Auch in der neueren Arbeit von Hrn. Fouqué finden wir für verschiedene Andesine die Winkel — (91° bis 93°).

Somit steht über jedem Zweifel, dass für dieses Glied nach den übereinstimmenden Bestimmungen aller Beobachter die Interpolation nicht anwendbar ist, und dass die Curven für die optischen Axen nicht so glatt verlaufen, wie dies schematisch gewöhnlich dargestellt wird.

Ob dabei auch der wechselnde Gehalt an K_2O eine Rolle spielen kann? Wie aus der auf Seite 176 der Arbeit von Max Schuster angeführten Ana-

lyse von H. Rammelsberg ersichtlich, ist dieser Gehalt bis zu 2,30% betragend gefunden worden.

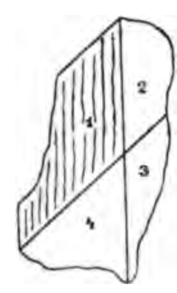
Solche Fragen sind natürlich der Zukunft zu überlassen. Aber schon jetzt müssen wir solche anormale Winkel nicht ausser Acht lassen und den aus der Interpolation möglicherweise entstehenden Fehler nicht unterschätzen.

Plagioklas Nr. 47

(aus einem Dünnschliffe von Hornblendeporphyr aus dem Bogoslowsk'schen Bergrevier; *en* 40 [1])).

Bei der optischen Untersuchung dieses Dünnschliffes wurde meine Aufmerksamkeit auf einen Plagioklasvierling gelenkt, welcher eine Ausscheidung bildet. Nichts dergleichen habe ich bis jetzt irgendwo beobachtet, und deswegen, trotzdem dass diese Ausscheidung sehr klein ist und für deren Untersuchung die Anwendung des Objectives Nr. 0 nicht mehr ausreicht, habe ich die genauesten Methoden der Untersuchung angewandt, welche mir zur Verfügung stehen, um mit möglichstem Sicherheitsgrade die Zwillingsgesetze feststellen zu können.

Fig. 4.



Von dem Gestein selbst wurde schon oben bei der Beschreibung der Plagioklase Nr. 38 berichtet.

Das Körnchen besteht aus vier Sectoren (Fig. 4), welche durch zwei Gerade getrennt sind; der Winkel zwischen beiden Geraden beträgt $49\frac{1}{2}^0$. Die Sectoren sind durch die Ziffern 1, 2, 3, 4 bezeichnet; die Sectoren 1 und 4 eignen sich am besten für genauere Untersuchung. Die Spaltrisse für den ersten Sector sind der verticalen Trennungsgeraden genau parallel; deswegen wurde die Orientirung des Körnchens nach dieser Geraden ausgeführt.

Auslöschungswinkel des	I.	Individuums	— $81\frac{1}{2}^0$
-	- II.	-	— 66 (undeutlich)
-	- III.	-	ganz unbestimmt, da hier ein zur optischen Axe annähernd senkrechter Schnitt vorliegt
-	- IV.	-	+ $62\frac{1}{2}^0$

Zuerst wurden mittelst des Universaltischchens mit drei Drehaxen direct die Symmetrieebenen des optischen Ellipsoides fixirt, und zwar sind folgende Beobachtungen angestellt worden:

---

1) Bei der detaillirten geologischen Aufnahme dieses Bergreviers wurde die ganze Fläche in Quadrate von 2×2 Werst getheilt. Jedes Quadrat ist durch zwei Buchstaben des Alphabetes bezeichnet, indem die horizontale und verticale Colonne reihenweise durch Buchstaben des Alphabets gekennzeichnet sind, als ob wir hier einen Punkt durch zwei Coordinaten bestimmt hätten.

I. Individuum.

Krystallogr. Coordinaten des Punktes g[1]): $A = -39\frac{1}{2}^0$; $\alpha = -119\frac{1}{2}^0$
- - - - m: $A = +30$; $\alpha = -56$
- - - - p: $A = -37$; $\alpha = +9\frac{1}{2}$

II. Individuum.

Krystallogr. Coordinaten des Punktes p: $A = -7^0$; $\alpha = -25^0$ (undeutlich).

III. Individuum.

Krystallogr. Coordinaten des Punktes p: $A = -22\frac{1}{2}^0$; $\alpha = -36\frac{1}{2}^0$

IV. Individuum.

Krystallogr. Coordinaten des Punktes g: $A = +69^0$; $\alpha = -33^0$
- - - - m: $A = +16$; $\alpha = +104\frac{1}{2}$
- - - - p: $A = -14$; $\alpha = +20$

Natürlich wurde die grösste Aufmerksamkeit auf die Individuen 1 und 4 verwendet.

Bei der graphischen Darstellung konnte eine kleine Ungenauigkeit constatirt werden, und der Pol der Zwillingsaxe trat von selbst zu Tage und zwar der Punkt: $A = -30^0$; $\alpha = +35^0$.

Die directe Beobachtung ergab sehr annähernd: $A = -$ (31 bis 32^0) (also dem gefundenen sehr nahe, wenn man noch die Rectification nach dem Universaldiagramm in Betracht zieht); $\alpha =$ circa $+41^0$.

Nun ergab sich die merkwürdige Thatsache, dass dieselbe Axe zugleich Zwillingsaxe für das II. und III. Individuum ist (natürlich wieder nur angenähert), wodurch die Frage nach der Existenz anderer Zwillingsaxen ein grosses Interesse erhielt. Es wurden deswegen sämmtliche Zwillingsaxen direct aufgesucht.

Hierbei trat eine sehr merkwürdige Thatsache zu Tage, dass nämlich die Zwillingsaxe für die Individuen I und II, welche durch den Punkt: $A = +63\frac{1}{2}^0$, $\alpha = -3^0$ repräsentirt ist, zugleich die Zwillingsaxe für die Individuen III und IV ist, und dass die Zwillingsaxe für I und III, welche durch den Punkt: $A = +70^0$, $\alpha = +90^0$ repräsentirt ist, zugleich die Zwillingsaxe für II und IV ist.

Diese beobachtete Relation enthält etwas Merkwürdiges und Harmonisches in sich, und es ist daraus zu sehen, dass sie nur dann zu Stande kommen kann, wenn die sämmtlichen drei Zwillingsaxen untereinander senkrecht stehen, was auch annähernd wirklich der Fall ist. Dadurch wurden sogar die Axen selbst leicht gefunden.

Vom theoretischen Standpunkte aus besitzen solche Zwillinge ein specielles Interesse und mögen vollkommene Zwillinge genannt werden.

---

1) Die für die Winkel A (also die krystallographischen Breiten) angegebenen Zahlen, als die weniger genauen, sind mittelst Construction ausgeglichen.

Ich glaube nämlich solche Zwillinge dadurch definiren zu können, dass in einem solchen die Individuen in einer harmonischen Reihe aufgestellt werden können; es sei die Reihe a_1, a_2 . . . a_n, für welche die Relation besteht, dass jedes Glied aus dem vorhergehenden durch eine Axe abgeleitet werden kann, welcher für jedes Paar gleiche krystallographische Bedeutung zukommt, und diese sämmtlichen Axen durch eine Symmetrieaxe verbunden sein müssen.

Solche vollkommene Zwillinge sind bekanntermassen in der Natur sehr zahlreich vertreten. Hierzu gehören die gewöhnlich als »Zwillinge mit parallelen Axen« bezeichneten.

Vom Standpunkte der Symmetrielehre müssen diejenigen Zwillinge hierher gerechnet werden, für welche die Zwillingsaxe als Symmetrieaxe eine zweimal so hohe Zähligkeit zeigt, als die innere Symmetrie der betreffenden Krystalle.

Hierzu gehören die gewöhnlichen Zwillinge der kubischen Syngonie, d. h. diejenigen, für welche als Zwillingsaxe eine dreizählige Symmetrieaxe auftritt; denn als Zwillingsaxe ist diese als sechszählige Axe zu betrachten. Mit dieser Auffassung ist diejenige identisch, nach welcher eine dodekaëdrische (d. h. die zur Fläche des Rhombendodekaëders senkrechte) Axe vierzählig ist, wenn in dem Krystall die kubischen Axen als vierzählige Symmetrieaxen auftreten, und zweizählig ist, wenn auch die kubischen Axen zweizählig sind.

Eine ähnliche zweifache Deutung ist in analoger Weise auch für die vollkommenen Zwillinge der tetragonalen und hexagonalen Symmetriearten zulässig, indem man als Zwillingsaxe die Hauptsymmetrieaxe mit zweimal grösserer Zähligkeit nimmt, oder diejenigen horizontalen Geraden als zweizählige Zwillingsaxen nimmt, welche in Bezug auf die innere Symmetrie des Krystalls keine Symmetrieaxen sind.

Für andere Syngoniearten sind vollkommene Zwillinge unbekannt und scheinen sogar unmöglich, insofern wenigstens, als keine Pseudosymmetrie vorhanden ist.

So können wir annäherungsweise als Zwillingsaxen der Glimmer, der Chlorite, des Alexandrit u. s. f. eine dreizählige (verticale) Symmetrieaxe annehmen. Noch weniger genau ist dies für Aragonit der Fall.

Sehr interessante Betrachtungen dieser Art trifft man in der Dissertation des Hrn. C. Klein, über Zwillingsverbindungen und Verzerrungen und ihre Beziehungen zu den Symmetrieverhältnissen der Krystallsysteme, Heidelberg 1869.

Um desto bemerkenswerther ist also das Vorkommen annähernd vollkommener Zwillinge in der Reihe der Plagioklase, welche sämmtlich durch trikline Syngonie gekennzeichnet sind.

Andererseits theilt man die Zwillingsgesetze in zwei Gruppen: für die

erste Gruppe ist die Zwillingsebene eine mögliche Ebene, und die Zwillingsaxe ist die zu derselben senkrechte Gerade; für die zweite ist die Zwillingsaxe selbst eine mögliche Krystallkante, und die zu ihr senkrechte Ebene ist irrational.

Für echte »vollkommene Zwillinge« hat diese Eintheilung keinen Grund. Treten drei senkrechte Zwillingsaxen als rationale ein, so sind auch die drei zu ihnen senkrechten resp. durch dieselben hindurchgehenden Ebenen rationale.

Streng genommen ist ein solcher Fall z. B. für trikline Syngonie ausgeschlosssn; annähernd kann er aber für pseudosymmetrische Krystalle statthaben, für welche annähernd senkrechte Ebenen als mögliche Flächen des Complexes auftreten.

Dies muss also der eben gemachten Beobachtung zufolge auch für Plagioklase der Fall sein.

Nun entsteht die Aufgabe, die krystallographische Bedeutung dieser Flächen resp. dieser Axen an dem zu untersuchenden Beispiele zu bestimmen.

Natürlich habe ich zuerst die Voraussetzung gemacht, es seien die beobachteten Zwillingsaxen die Verticalaxe, die zur Fläche (010) senkrechte und die dritte zu beiden senkrechte Axe. Dann würden jedoch ziemlich grosse Abweichungen von den theoretischen Forderungen zu constatiren sein. In der That erwies sich die krystallographische Bedeutung der Zwillingsaxen als eine ganz andere.

Da aber dabei das beobachtete Glied der Plagioklasreihe sich nicht als ein typisches erwies, so konnte die krystallographische Orientirung nur annähernd festgestellt werden.

Für das erste Individuum wurden mittelst Construction für die Axen n_g, n_m und n_p folgende Zahlen erhalten: $67\frac{1}{2}^0$, 61^0 und $37\frac{1}{2}^0$, was sehr gut dem Plagioklas Nr. 47 und der Zonenaxe 98^0 entsprechen kann.

Nachdem auf diese Weise die Bestimmung erfolgt war, konnten die nöthigen Transformationen der Projectionsebenen ausgeführt werden, und dann wurden auch die fixirten Lagen für die Zwillingsaxen gefunden. Dadurch ergaben sich die fixirten krystallographischen Coordinaten für sämmtliche Zwillingsaxen, und zwar:

für die Axe $B_{1,2}$: $A = -32\frac{1}{2}^0$; $\alpha = +31^0$
\- - - $B_{1,3}$: $A = +82\frac{1}{2}$; $\alpha = -50$
\- - - $B_{1,4}$: $A = +57$; $\alpha = +45\frac{1}{2}$

Zu diesen, in grammastereographischer Projection gegebenen, Punkten konnten auf graphischem Wege die ihnen zugeordneten linearen resp. gnomonischen Projectionen construirt, also auch die Symbole bestimmt werden.

Dies lässt sich aber bekanntlich auch sehr rasch und bequem auf rechnerischem Wege erreichen mit Zuhilfenahme des projectiven Systems der krystallographischen Berechnungen. Streng genommen müssten für dieses Glied die Projectivitätsgleichungen, welche noch nicht aufgestellt worden sind, besonders ermittelt werden. Da es aber jetzt nur auf eine annähernde Auflösung dieser Aufgabe ankommt, so glaubte ich das Recht zu haben, zu diesem Zwecke direct die für den Anorthit gültigen Gleichungen anzuwenden, und zwar mit vereinfachten Coëfficienten.

Diese Gleichungen sind:

1) für die Berechnung der wahren Symbole der Flächen nach den gegebenen projectiven[1]:

$$p_0 : p_1 : p_2 = \cos\alpha - 0{,}053 \sin\alpha - 0{,}49 \operatorname{cotg} A : 1{,}75 \sin\alpha - 0{,}09 \operatorname{cotg} A : 0{,}96 \operatorname{cotg} A = 1 - 0{,}053 \operatorname{tang}\alpha - 0{,}49 \frac{\operatorname{cotg} A}{\cos\alpha} : 1{,}75 \operatorname{tang}\alpha - 0{,}09 \frac{\operatorname{cotg} A}{\cos\alpha} : 0{,}96 \frac{\operatorname{cotg} A}{\cos\alpha};$$

2) für die Berechnung der wahren Symbole der Kanten nach den gegebenen projectiven:

$$r_0 : r_1 : r_2 = 0{,}96 \cos\alpha : 0{,}029 \cos\alpha + 0{,}55 \sin\alpha : 0{,}49 \cos\alpha + 0{,}05 \sin\alpha + \operatorname{cotg} A = 0{,}96 : 0{,}029 + 0{,}55 \operatorname{tang}\alpha : 0{,}49 + 0{,}05 \operatorname{tang}\alpha + \frac{\operatorname{cotg} A}{\cos\alpha}.$$

Die Berechnung nach diesen Formeln hat ergeben:

für die zur Axe $B_{1,2}$ senkrechte Ebene das Symbol: $1{,}807 : 1{,}217 : -1{,}762$,
für diese Axe selbst: $0{,}96 : 0{,}359 : -1{,}342$;

für die zur Axe $B_{1,3}$ senkrechte Ebene: $0{,}837 : 1{,}868 : 0{,}197$,
für diese Axe selbst: $0{,}96 : -0{,}627 : +0{,}636$;

für die zur Axe $B_{1,4}$ senkrechte Ebene: $0{,}492 : 1{,}698 : 0{,}890$,
für diese Axe selbst: $0{,}96 : 0{,}589 : 1{,}468$.

Um daraus das wahrscheinlichste Zwillingsgesetz abzuleiten, müssen wir die $B_{1,2}$ und $B_{1,4}$ entsprechenden Zahlen berücksichtigen, da nur die entsprechenden Individuen unmittelbar verbunden erscheinen, und dann die beiden Voraussetzungen prüfen, dass nämlich die Axe selbst eine rationale Kante ist, oder dass die zu ihr senkrechte Ebene rational ist.

Am wahrscheinlichsten scheint die Annahme, nach welcher die rationale Ebene die zur Axe $B_{1,2}$ senkrechte ist; ihr Symbol steht ziemlich nahe dem Verhältniss: $(32\bar{3})$.

Aber auch für alle anderen Zahlen ist eine Annäherung an einfache rationale Zahlen nicht zu verkennen, was auch von vornherein zu erwarten war.

1) Diese Zeitschr. **21**, 670.

Das zweite Gesetz wäre dann (für die Individuen I und IV) am wahrscheinlichsten folgendermassen auszudrücken: die Zwillingsaxe ist die zur Ebene (142) senkrecht stehende Gerade.

Dann würde von selbst das dritte (für die Individuen I und III geltende) Gesetz zu Stande kommen, nach welchem die Kante [3$\bar{2}$2] die Zwillingsaxe ist.

Zu diesen merkwürdigen Beziehungen ist noch auf eine curiose und wahrscheinlich mehr zufällige Relation hinzuweisen, und zwar auf die Coincidenz der Lagen der Axen n_g für das I. und II. Individuum, und auch, wenn auch nur annähernd, für das III. und IV. Individuum. Nachdem diese Relationen auf graphischem Wege constatirt waren, konnten dieselben durch directe Beobachtung geprüft und bestätigt werden, nämlich mittelst entsprechender Drehung an dem Universaltischchen mit drei Drehaxen, welche wirklich die annähernde Coincidenz der respectiven zu dieser Axe senkrechten Symmetrieebenen oder der Punkte g bezeugte.

Diese Beobachtungen haben noch deutlicher den Schluss verstärkt, nach welchem hier ein annähernd vollkommener Durchkreuzungsvierling vorliegt. Diese Axen sind aber keineswegs Zwillingsaxen, sondern befinden sich in den Zwillingsebenen und stehen zu Zwillingsaxen senkrecht.

Auch die optischen Axen wurden aufs Sorgfältigste für die Individuen I und IV fixirt, und zwar wurde die Methode der Auslöschungscurven angewandt.

Für die optischen Axen des I. Individuums wurden die krystallographischen Längen: $+38^0$ und $+120^0$ und der Winkel zwischen beiden ca. $+78\frac{1}{2}^0$ gefunden; für das IV. Individuum wurden diese Längen $+3^0$ und $+54\frac{1}{2}^0$ gefunden, und der Winkel zwischen beiden ca. 77^0.

Ausserdem wurden noch die Grössen der Doppelbrechung für das I. Individuum direct bestimmt, und dabei folgende Zahlen erhalten:

für die Axe	n_g	$\frac{3}{8}L$;	dabei Neigungswinkel 50^0
-	n_m	$2\frac{3}{8}L$;	- 60^0
-	n_p	$1\frac{3}{8}L$;	- 52^0

die rectificirten Zahlen würden alsdann circa: $\frac{1}{4}L$, $1\frac{1}{4}L$, $1\,L$.

Zur Ermittelung der absoluten Grössen wurden ferner Beobachtungen an einem Quarzkörnchen angestellt nach dem im I. Theile[1]) angegebenen Verfahren. Die betreffende Grösse ergab sich $2\frac{1}{3}L$ bei der Neigung des Präparates um 60^0, also $1\frac{1}{6}L$; daraus schliessen wir, dass die Doppelbrechung dieses Plagioklases etwas stärker als die des Quarzes ist, und aus der Proportion $0{,}009 : 1\frac{1}{6} = x : 1\frac{1}{4}$ erhält man $x = 0{,}0096$.

Da aber auf graphischem Wege der mittlere Brechungsindex ca. 0,55

1) Noch früher in dieser Zeitschr. 25, 355.

erhalten wurde, so kann man für die Axen des Ellipsoides folgende Grössen angeben: für n_g 0,558, für n_m 0,55, für n_p 0,548[1]).

Fig. 5.

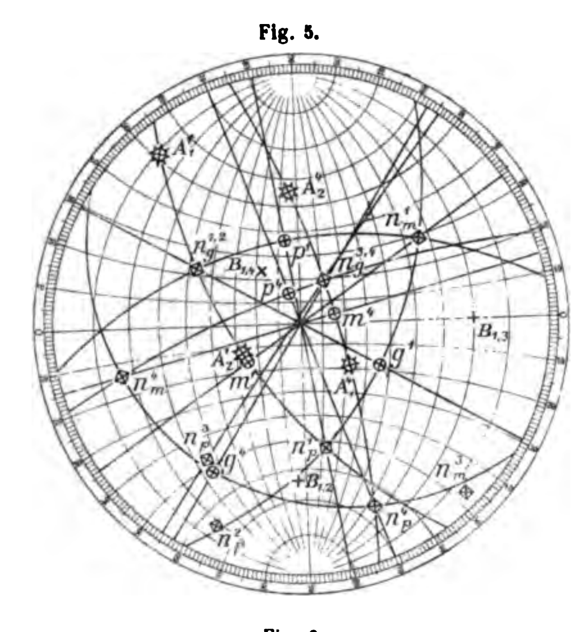


Fig. 6.



Dieses Resultat ist natürlich nur als ein angenähertes anzusehen.

Die an dem besprochenen Präparate ausgeführten Beobachtungen sind der Anschaulichkeit wegen graphisch dargestellt in zwei Projectionen, Fig. 5 und 6, von welchen die erste die rohen Beobachtungen angiebt, während in der zweiten die rohen Beobachtungen mit ideeller Reproduction zusammengestellt sind, für welche die Zwillingsgesetze $B_{1,2}$ und $B_{1,4}$ nach dem oben Gegebenen angenommen wurden. Dabei ist das I. Individuum in fixirter Lage dargestellt. S bedeutet den Pol des Schnittes.

Die theoretische Lage der Axenpole $B_{1,2}$ und $B_{1,4}$ wurde wieder auf rechnerischem Wege ermittelt und zwar mit Hilfe der früher angegebenen Formel (17b)[2]):

$$\cotg \alpha = \frac{a_1 p_0 + a_2 p_1 + a_3 p_2}{a_4 p_1 + a_5 p_2}$$

$$\cotg A = \frac{p_2 \sin \alpha}{a_4 p_1 + a_5 p_2}.$$

1) Ich habe mehrfach bemerkt, dass die mittelst der von mir angewandten Verfahren erhaltenen Zahlen niedriger sind, als die von den anderen Beobachtern gegebenen.

2) Diese Zeitschr. **21**, 638.

In dieser Formel ist für die Axe $B_{1,2}$ $p_0 = 3$, $p_1 = 2$, $p_2 = -3$ und für die Axe $B_{1,4}$ $p_0 = 1$, $p_1 = 4$, $p_2 = 2$ einzusetzen.

Die Coëfficienten wurden direct aus den entsprechenden, für Anorthit gültigen Projectivitätsgleichungen[1]) gefunden:

$$p_0' : p_1' : p_2' = \underset{a_1}{0{,}96}\, p_0 + \underset{a_2}{0{,}03}\, p_1 + \underset{a_3}{0{,}49}\, p_2 : \underset{a_4}{0{,}55}\, p_1 + \underset{a_5}{0{,}05}\, p_2 : p_2.$$

Bei der Besprechung der ideellen Darstellung Fig. 6 muss in Betracht gezogen werden, dass das beobachtete Glied nicht ein typisches ist, weswegen die Fixirung dieses Gliedes mit manchen Schwierigkeiten verbunden und natürlich nicht ganz genau ausführbar ist; daraus entsteht ein Fehler, welcher ganz unabhängig von der Genauigkeit der Beobachtungszahlen selbst ist. Natürlich sind auch die Zahlen selbst in mancher Hinsicht nicht genau. Dies gilt besonders für die Fixirung der Zwillingsaxen, so dass das erhaltene, recht harmonische Resultat als ganz unerwartet genau zu bezeichnen ist. Man sieht, dass die auf theoretischem Wege erhaltenen Pole sich ziemlich nahe den direct beobachteten befinden; die direct beobachteten Pole sind nämlich für sämmtliche Zwillingsaxen, wie auch für n_p^2 und n_p^3 angegeben. Dabei liess sich auch die beobachtete Coincidenz von n_g^1 mit n_g^2 resp. n_g^3 mit n_g^4 sehr scharf ausdrücken.

Die Axe $B_{1,3}$ wurde auf theoretischem Wege aus den Axen $B_{1,2}$ und $B_{1,4}$ hergeleitet, indem für dieselbe die Pollage der zur Fläche $B_{1,2}\,B_{1,4}$ normalen Geraden angenommen wurde.

Dies alles spricht sehr deutlich dafür, dass die Zwillingsgesetze wirklich richtig gedeutet worden sind.

Somit ist die ziemlich complicirte Aufgabe der Deutung dieses Schliffes abgeschlossen.

Plagioklas Nr. 50

(von der Küste Labrador; Schnitt nach (010)).

Die hierzu gehörende Beobachtung ist eine der älteren. Je eine optische Axe dieses Zwillings wurde unmittelbar bestimmt, je eine andere durch die besondere, in dem I. Theile angegebene Methode, welche einen merkwürdigen Punkt der optischen 45°-Curve zu Hilfe nimmt, und zwar denjenigen, für welchen eine (schon bestimmte) optische Axe in der zur Axe J senkrechten Ebene, die andere aber in der durch diese Axe hindurchgehenden verticalen Ebene liegt.

Die krystallographischen Coordinaten je einer optischen Axe sind:

die des I. Individuums: $A = 40\frac{1}{2}^0$ $(39\frac{1}{2})$; $\alpha = 14\frac{1}{2}^0$
- - II. - $A = 320\frac{1}{2}$ $(38\frac{1}{2})$; $\alpha = 26$

Nun wurde zunächst die erste optische Axe in die erforderliche Lage

1) Daselbst S. 670 Formel a'.

gebracht, und die Nicols in 45°-Stellung fixirt; dann erschien die Dunkelheit bei der Neigung $J = 315°$.

Dasselbe auf die andere Axe angewandt ergab $J = 31\frac{1}{2}°$.

Auslöschungswinkel des I. Individuums $+ 74\frac{1}{2}°$
- - II. - $+ 78$

Die graphische Rechnung ergab für das I. Individuum die Zahlen: $89\frac{1}{2}°$; $66\frac{1}{2}°$; $25°$ und für das II.: $88\frac{1}{2}°$; $65°$; $25\frac{1}{2}°$.

Aber dadurch konnte constatirt werden, dass der nach (010) ausgeführte Schliff beinahe um 4° davon abwich.

Diesen Zahlenreihen entspricht sehr gut das typische Glied (3), also Nr. 50; die betreffenden Zonenaxen sind circa 155° und 157°.

Die Winkel zwischen den optischen Axen wurden für das I. Individuum gleich $+ 84°$ und für das II. gleich $+ 80\frac{1}{2}°$ gefunden. Solche Ungenauigkeit ist ganz zulässig bei der Anwendung dieser Methode, welche aber sehr rasch zum Ziele führt.

Plagioklas Nr. 50

(von der Küste Labrador; Schnitt nach (010)).

Dieser Schliff unterscheidet sich von dem vorigen wesentlich schon dadurch, dass er, wie man aus dem Folgenden ersieht, ganz genau in der gewünschten Lage orientirt ist. Gerade deswegen zeigt sich gleichzeitige Auslöschung des ganzen Präparates; nur andeutungsweise sieht man sehr kleine Unterschiede, nicht so sehr in der Auslöschung, als in der Grösse der Doppelbrechung; infolgedessen kommen andeutungsweise, aber ganz ausserhalb der auszuführenden Messungen, die Individuen zum Ausdruck. Bei der Neigung werden dieselben ganz scharf ersichtlich. Dabei kamen im Gesichtsfelde sechs Zwillingslamellen zum Vorschein, von denen die erste etwas von den anderen abweicht; die Lamellen 2, 4 und 6 einerseits und 3 und 5 andererseits verhielten sich ganz gleichartig. Nachdem dies constatirt war, konnte man ganz deutlich auch die Zwillingsgrenzen wahrnehmen, welche als scharfe Geraden auftreten. Ausserdem sieht man ebenso scharf die Spaltrisse nach der Fläche (001); dieselbe bildet mit den ersteren den Winkel $- 1\frac{1}{2}°$.

Auslöschungswinkel aller Individuen $- 75°$. In der Richtung $-$ gemessen ist also derselbe $+ 15°$ und in Bezug auf die Spaltrisse $+ 16\frac{1}{2}°$.

Die Beobachtung gehört zu den neuesten. Es wurden die directe Bestimmung der Symmetrieebenen, die Methode der optischen Curven und die Methode der Auslöschungscurven angewandt.

Die erste ergab als krystallographische Coordinaten des dritten und fünften Individuums [1]):

1) Bei der Anwendung des Universaltischchens (wie in dem I. Theile dieser Arbeit erwähnt wurde) musste man für die Winkel α + in der dem Drehungssinne des Uhrzeigers entgegengesetzten Richtung annehmen und für A + in der directen Richtung.

für den Punkt g: $A = + 61\frac{1}{2}^0$; $\alpha = - 93\frac{1}{2}^0$
- m: $A = + 30$; $\alpha = + 62\frac{1}{2}$
- p: $A = - 12$; $\alpha = - 22$

und für die Individuen 2, 4 und 6:

für den Punkt g: $A = - 61\frac{1}{2}^0$; $\alpha = - 93\frac{1}{2}^0$
- m: $A = - 30$; $\alpha = + 62\frac{1}{2}$
- p: $A = + 12$; $\alpha = - 22$

Vermittelst der optischen 0°-Curve wurde angenähert der Pol einer optischen Axe (A_1) gefunden, und zwar als Schnittpunkt mit dem Grosskreise $n_p n_g$ für die Individuen 2, 4 und 6 der Punkt: $A = - 59^0$; $\alpha = + 48^0$. Somit liess sich für die andere optische Axe der Punkt: $A = + 37\frac{1}{2}^0$; $\alpha = - 20^0$ feststellen. Die mittelst der Methode der Auslöschungscurven ausgeführte Verificirung bestätigte aber nicht diese Angabe, indem bei der Einstellung $M = 20^0$ die Auslöschungscurven sich nicht in einem Punkte schneiden.

Nachdem die Richtung der Verification ermittelt worden war, kam ich bald zu der gewünschten richtigen Stellung, für welche $M = 18\frac{1}{2}^0$ eingestellt wurde, und erhielt:

für $J = 0^0, \quad - 41^0, \quad - 62^0$
- $E = + 33, \quad + 47\frac{1}{2}, \quad + 55\frac{1}{2}$

Auf graphischem Wege wurde daraus für die optische Axe die polare Entfernung $57\frac{1}{2}^0$ gefunden.

Der graphischen Darstellung gemäss wurden zur Bestimmung des Plagioklases die Zahlen $88\frac{1}{2}^0$, 25^0, 66^0 gefunden, was ganz gut dem Plagioklas Nr. 50 entspricht und zugleich der Zonenaxe 155^0.

Der Winkel zwischen den optischen Axen wurde $+ 76^0$ gefunden. Merkwürdigerweise stimmt dieser Winkel nicht gut mit dem des vorigen Beispiels überein. Ob daraus der Schluss zu ziehen erlaubt ist, dass der Winkel zwischen den optischen Axen überhaupt nicht so constant ist, wie es gewöhnlich von vornherein vorausgesetzt wird? oder ob dieser Umstand nicht von kleinen Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung abhängig ist, etwa von der Beimischung von K_2O oder sonstigen Bestandtheilen?

Ich wiederhole noch einmal, dass solche Fragen der Zukunft zu überlassen sind; für jetzt kann es aber constatirt werden, dass in den Lagen der Axen n_g, n_m und n_p grössere Beständigkeit zum Ausdrucke kommt, als für die optischen Axen.

Plagioklas Nr. 57½

(in einem Dünnschliffe von einem sogen. Gabbro von Volpersdorf, Schlesien[1]).

In diesem Dünnschliffe eines mittelkörnigen Gesteins beobachtet man ausser Plagioklas noch Olivin besonders reich vertreten und einen seltsamen diallagartigen Pyroxen. Der letzte zeigt eine bedeutende Absorption in grauen Farben. Die dem echten Diallag angehörende Absonderung nach (100) ist nicht deutlich sichtbar; sie ist wahrscheinlich so fein, dass sie im Mikroskope nicht mehr wahrzunehmen. Die Grösse der Doppelbrechung stimmt aber sehr gut mit einem Diallag.

Die folgende Beobachtung gehört zu den älteren und ist nach der Methode der directen Aufsuchung der optischen Axen ausgeführt.

Auslöschungswinkel des I. Individuums ca. $+ 75\frac{1}{2}^0$
 - - II. - - $- 72$

Krystallographische Coordinaten der optischen Axen:

der ersten Axe des II. Individuums: $A = 63\frac{1}{2}^0$ (61^0); $\alpha = 234^0$
 - zweiten - - II. - : $A = 60$ (58); $\alpha = 339\frac{1}{2}$

Daraus wurden zur Bestimmung die Zahlen 79^0, 76^0, $17\frac{1}{2}^0$ gefunden, was für einen Plagioklas Nr. 57½ recht gut stimmt. Die betreffende Zonenaxe entspricht 130^0.

Für diesen Plagioklas wurde die directe Aufsuchung der Zwillingsebene ausgeführt. Da aber die Lamellen breit sind, so wurde nicht das oben angegebene Verfahren angewandt, sondern zur Aufstellung dieser Ebene in verticaler Lage die Methode der Beschattung geprüft. Die untere Irisblende wurde ganz eng gestellt; das Präparat in verschiedener Orientirung geneigt, und derjenige Neigungswinkel aufgesucht, für welchen die Zwillingsgrenze am schärfsten wahrgenommen wurde ohne störende seitliche Beschattung.

Dabei wurden folgende Zahlen erhalten:

für $M =$	51^0	71^0	81^0	91^0	101^0	111^0	121^0
- $J =$	$17\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$	15	$15\frac{1}{2}$	15	$15\frac{1}{2}$	18

Daraus kann man den annähernden Schluss ziehen, dass die Zwillingsaxe zur Zwillingsebene senkrecht steht und beinahe um den Winkel 75^0 geneigt ist, also durch den Punkt $A = - 75^0$; $\alpha = + 90^0$ ausgedrückt wird. Jedenfalls ergiebt sich daraus, dass das Zwillingsgesetz das Albitgesetz ist.

Ausserdem wurde der Versuch gemacht, in dem I. Individuum die Lage der Axe n_m zu finden.

Das Präparat wurde stark geneigt und in seiner Ebene gedreht, bis die höchsten Polarisationsfarben erschienen, und nun erwies sich, dass die

---

1) Aus der Fuess'schen Collection, nach der Auswahl von Herrn Prof. Rosenbusch, Nr. 26.

Grössen der Doppelbrechung 4 L, $4\frac{1}{2}L$ und 5 L bei den resp. Neigungswinkeln 0°, $22\frac{1}{2}$° und 42° statthatten. Auf graphische Weise (wie dies im I. Theile erklärt wurde) erhält man annähernd, dass die Axe n_m etwa um 18—20° geneigt ist, was mit der Annahme des Albitzwillings gut übereinstimmt.

Der Winkel zwischen beiden optischen Axen erwies sich gleich + 87°, was zu klein zu sein scheint.

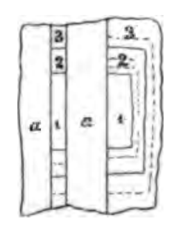
Plagioklas Nr. 53—62

(aus einem Dünnschliffe des Andesit vom Rheinischen Siebengebirge[1])).

In dem Dünnschliffe sieht man reichlich entwickelte, mit Plagioklasmikrolithen und Magnetitstaub stark besäte Grundmasse. Die Ausscheidungen sind Plagioklas und fast gleich vertretener farbloser Augit und braune Hornblende. Die letztere kommt nicht in regelmässiger Form, sondern stark resorbirt vor, mit opacitischem Rande (aus Magnetitstaub). Viel seltener kommen auch Biotitblättchen zur Beobachtung und wieder unregelmässig und mit opacitischem Rande, woraus, und besonders aus der Analogie seiner Formen bei ihrer Unregelmässigkeit mit denen von Hornblende, es als sehr wahrscheinlich hervorgeht, dass derselbe als secundär aus der Hornblende entstanden anzusehen ist.

Die Beobachtung gehört zu den neueren, und zwar wurde die Methode der Auslöschungscurven angewandt. Dem Studium dieses Dünnschliffes habe ich viel Zeit gewidmet, indem ich möglichst genau die Bestimmung eines Körnchens auszuführen suchte, welches deutlich zonar gebaut ist; dieser zonare Bau liess sich in drei Schichten gliedern, und jede Schicht wurde besonders studirt.

Fig. 7.



Die untersuchte Ausscheidung ist ziemlich complicirt gebaut, wie dies aus der beigegebenen schematischen Fig. 7 zu ersehen ist. Von derselben konnte am besten der Kern 1 bestimmt werden, welcher reiner und grösser ist, als die Schichten 2 und 3.

Auslöschungsrichtung für die	erste	Schicht	— $78\frac{1}{2}$°
- - -	zweite	-	— $68\frac{1}{2}$
- - -	dritte	-	— $59\frac{1}{2}$

Zuerst wurden auf graphischem Wege die optischen Curven ermittelt; deren Schnittpunkte gaben einen Anhaltspunkt für die Anwendung der Methode der Auslöschungscurven.

Es wurde eine ziemlich lange Reihe von Prüfungen nach dieser Methode ausgeführt, welche für die erste Schicht endlich ein klares Resultat

1) Aus der Collection des Landwirthschaftlichen Instituts, Nr. 253.

ergab; für die Schichten 2 und 3 konnte solches Resultat nicht erhalten werden, da die Schichten trotz ihrer geringen Dimensionen noch nicht ganz homogen erscheinen.

Als Endresultate ergaben sich die folgenden krystallographischen Coordinaten der optischen Axen:

der ersten	Axe der	ersten Schicht:	$A = -27\frac{1}{2}^0$;	$\alpha = -$	9^0
- zweiten	- -	- -	: $A = +60$	; $\alpha = +$	37
- ersten	- -	zweiten -	: $A = -26$	; $\alpha = -$	6
- zweiten	- -	- -	: $A = +57$	; $\alpha = +$	$40\frac{1}{2}$
- ersten	- -	dritten -	: $A = -23$	; $\alpha = +$	$5\frac{1}{2}$
- zweiten	- -	- -	: $A = +57$	; $\alpha = +$	44

Nachdem die Lagen der Axen n_g, n_m und n_p auf graphischem Wege ermittelt waren, gelangte man zu folgenden Bestimmungszahlen:

für die erste Schicht:	$80\frac{1}{2}^0$,	65^0,	$26\frac{1}{2}^0$
- zweite - :	83,	$61\frac{1}{2}$,	$29\frac{1}{2}$
- dritte - :	$82\frac{1}{2}$,	$55\frac{1}{2}$,	$36\frac{1}{2}$

Da aber die Bestimmung der Schichten 2 und 3 nicht ganz sicher war, so habe ich vorgezogen, für dieselben die mittleren Zahlen aus beiden anzunehmen, umsomehr als in der Wirklichkeit noch mehr Schichten vorhanden sind, als beobachtet wurden. Dies ist auch infolge der angenäherten Werthe derselben zulässig. Nehmen wir also für die zweite und dritte Schicht gemeinsam als Bestimmungszahlen 83^0, $58\frac{1}{2}^0$, 33^0.

Nach der Bestimmungstabelle ergiebt sich dann für die erste Schicht ein Plagioklas Nr. 62 mit der Zonenaxe 133^0 und als Mittel für die zweite und dritte Schicht ein Plagioklas Nr. 53 und die Zonenaxe $162\frac{1}{2}^0$.

Es musste erwartet werden, dass sämmtliche Schichten gleich orientirt sind (und das ist für die zweite und dritte Schicht annähernd der Fall); dafür sprach scheinbar auch die ganz deutlich ausgebildete Trennungsfläche dieser Individuen von dem nächstliegenden. Nun aber ergiebt sich aus obigen Zahlen, dass dies selbst annähernd nicht der Fall ist. Es scheint, als ob der Absatz der Feldspathsubstanz in zwei verschiedenen Perioden verlief; zuerst wurde der basischere Kern gebildet, als aber die saureren Glieder zum Absatz gelangten, wurden zuerst die neu abgesetzten Theile in anderer Orientirung fixirt und auf diesen setzte die Substanz sich in regelmässiger Weise ab.

Der Winkel zwischen den optischen Axen wurde für die erste Schicht gleich $+79\frac{1}{2}^0$ und für die beiden letzten ($+76^0$—$77\frac{1}{2}^0$) gefunden.

Plagioklas Nr. 62

(aus dem Hypersthenit von Schlegel in Schlesien [1])).

In dem Dünnschliffe sieht man ein fast grobkörniges Gemenge von Olivin, Hypersthen und Plagioklas.

Die Beobachtung gehört zu den neuesten und ist mittelst des Universaltischchens mit drei Drehaxen ausgeführt.

Für die Punkte g, m und p des I. Individuums wurden folgende Coordinaten gefunden:

für den Punkt g:	$A = + 40^0$;	$\alpha = + 94\frac{1}{2}^0$
- m:	$A = + 40$;	$\alpha = - 44$
- p:	$A = - 21$;	$\alpha = + 25$

für das II. Individuum:

für den Punkt g:	$A = - 30^0$;	$\alpha = + 84^0$
- m:	$A = + 49\frac{1}{2}$;	$\alpha = + 31\frac{1}{2}$
- p:	$A = - 25\frac{1}{2}$;	$\alpha = - 22\frac{1}{2}$

Daraus konnte man mittelst graphischer Rechnung folgende Bestimmungszahlen ermitteln:

für das I. Individuum:	87^0 ;	58^0 ;	$33\frac{1}{2}^0$
- II. -	$83\frac{1}{2}$;	$57\frac{1}{2}$;	$32\frac{1}{2}$

Diese Zahlen charakterisiren diesen Plagioklas als Nr. 62 und die entsprechende Zonenaxe ist 142^0. Nur für n_g des II. Individuums ersieht man einen Fehler von ca. 3^0. Sonst stimmen diese Zahlen sehr gut überein und beweisen, dass hier ein Albitzwilling vorliegt.

Der Winkel zwischen den optischen Axen wurde mittelst der Methode der Auslöschungscurven bestimmt und gleich $+ 83^0$ gefunden.

Plagioklas Nr. 64

(aus dem Diabas von Kozakow bei Starkenbach, Böhmen [2])).

An dem Dünnschliffe ersieht man ein für Diabas sehr typisches Gemenge von sehr frischem Plagioklas und meistens zersetztem Augit.

Die Beobachtung wurde mittelst der Methode der Auslöschungscurven ausgeführt. Dabei erwies sich, dass von beiden Individuen des Zwillings das II. sehr gut übereinstimmende Resultate ergab, während das I. nicht so genau studirt werden kann.

Als Resultate wurden folgende krystallographische Coordinaten für die optischen Axen erhalten:

---

1) Aus der Sammlung des Landwirthschaftlichen Instituts, Nr. 266.

2) Aus der Fuess'schen Sammlung, nach Herrn Prof. Zirkel zusammengesetzt, Nr. 11.

für die erste Axe des I. Individuums	:	$A = +51\frac{1}{2}^0$;	$\alpha = -22\frac{1}{2}^0$
- zweite - - I. -	:	$A = -63\frac{1}{2}$;	$\alpha = -83\frac{1}{4}$
- erste - - II. -	:	$A = +66$;	$\alpha = +26$
- zweite - - II. -	:	$A = +74$;	$\alpha = +115$

Auf Grund dieser Zahlen gelangt man vermittelst graphischer Rechnung zu folgenden Bestimmungszahlen:

für das I. Individuum:	$54\frac{1}{2}^0$,	$47\frac{1}{2}^0$,	$62\frac{1}{2}^0$
- II. -	74 ,	76 ,	22

Diese Zahlen beweisen aufs Deutlichste, dass hier nicht ein Albitzwilling vorliegt. Da aber das II. Individuum sehr genau studirt wurde, so wollen wir die Bestimmung auf Grund der ihm zugehörenden Zahlen ausführen und erhalten ein sehr gutes Resultat, indem wir die Zonenaxe 120° annehmen und den Plagioklas als Nr. 64 bestimmen.

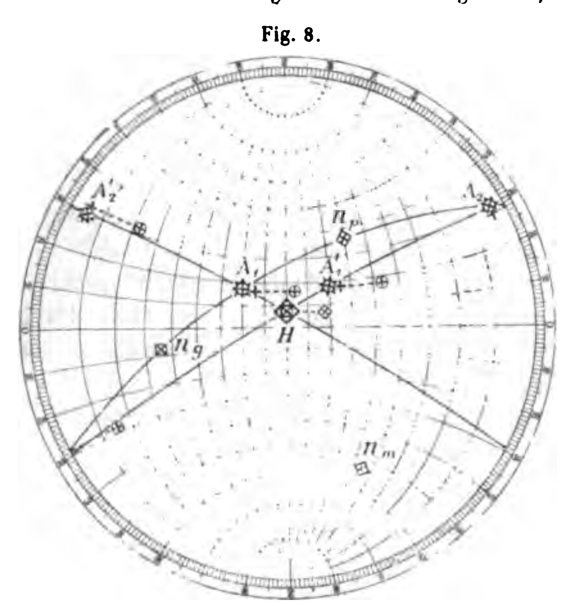
Um aber auch das Zwillingsgesetz zu ermitteln, habe ich durch die Pole n_g, n_m und n_p beider Individuen die Grosskreise gezogen, welche sich fast in einem Punkte schnitten, und nun war mittelst einer einzigen Transformation der Projectionsebene, indem dieser Punkt mit dem Centrum der Projection zur Deckung gebracht wurde, sehr leicht zu constatiren, dass hier ein Karlsbader Zwilling vorliegt.

Der Winkel zwischen den optischen Axen für das II. Individuum wurde gleich + 82° gefunden.

Plagioklas Nr. 78

(aus einem Dünnschliffe des Gabbro im oberen Laufe des Flusses Kakwa im Bogoslowsk'schen Bergreviere, Nr. 87 b).

Fig. 8.



Die hierzu gehörende Beobachtung wurde nicht von mir, sondern von meinem Assistenten, Hrn. W. W. Nikitin, in den Turjinsk'schen Gruben ausgeführt, welcher die Güte hatte, diese seine ausgezeichnete Beobachtung mir zur Verfügung zu stellen. Das Resultat seiner rohen Beobachtung kam mir auf brieflichem Wege in der Form der stereographischen Projection zu, welche ich hier beigebe (Fig. 8). Auch hatte er mir eine andere

Projection mit den Auslöschungscurven, mittelst welcher er die Lage der optischen Axen bestimmt hatte, gesandt, woraus hervorgeht, dass Derselbe die Methode der Auslöschungscurven für seine Bestimmung angewandt hatte. Die beigegebene Projection enthält aber direct das Resultat dieser Beobachtungen. Ausserdem hatte er die Hauptrichtung des Zwillings aufgesucht, welche zur Normale des Schliffes nur wenig geneigt ist.

Diese Bestimmung kostete ihm sehr viele Mühe, da er noch das Universaltischchen älterer Construction (und zwar das erste Exemplar des Tischchens Typus II, welches überhaupt existirte) benutzte; mit dem neueren Tischchen mit Glaskreis und bei der Anwendung des neueren Fuess'schen Mikroskopes mit drehbaren Nicols hätte dasselbe Resultat viel leichter erzielt werden können. Er wurde aber durch die Hindernisse nicht abgeschreckt und ist, wie man sieht, schliesslich zu einer sehr glücklichen Bestimmung gekommen.

In der Projection bedeuten Kreuze in Kreisen ⊕ die Resultate der rohen Beobachtungen in Betreff der Pole der optischen Axen beider Individuen eines Zwillings. Die Hauptrichtung ist aber wie gewöhnlich angegeben durch ⊗.

Durch Punktirung ist der Weg angedeutet, welcher von diesen Punkten bei der Transformation der Coordinaten durchlaufen wird. Die Transformation selbst hat den Zweck, die Projection in symmetrische Lage zu bringen. Nachdem dies geschehen ist, kommt aber die Ungenauigkeit klar zu Tage, welche bei der Beobachtung statthatte. Die nach der Transformation erhaltenen Punkte sind durch einfache Kreuzchen angedeutet.

Nun sieht man, dass der Fehler für die Axen A_2 ganz gering ist und fast genau einen Grad erreicht. Der grössere Fehler erweist sich für die Axen A_1; derselbe erreicht 4°. Dieser Fehler ist durch die sehr verständliche Interpolation der beobachteten Punkte klar gemacht.

Besonders merkwürdig erscheint dabei die vollkommene Genauigkeit in der Bestimmung der Hauptrichtung, welche nicht einmal um ½ Grad fehlerhaft ist. Ist das ein Zufall? Ich glaube es nicht. Vielmehr ist es wahrscheinlich, dass bei günstigen Umständen die Hauptrichtung, ebenso wie die Zwillingsaxe, sehr scharf eingestellt werden kann. Die Schärfe der Einstellung der Hauptrichtung hängt in erster Linie von dem Winkel ab, welcher von den durch die Punkte $A_1 A_2'$ und $A_2 A_1'$ hindurchgehenden Ebenen resp. Grosskreisen gebildet wird. Als Regel kann man für Plagioklas aufstellen, dass die Hauptrichtung um so schärfer eingestellt werden kann, je basischer der Plagioklas ist, während für die der Nr. 25 am nächsten stehenden Glieder eine genügende Einstellung ganz unmöglich zu sein scheint. Hier haben wir ein sehr basisches Glied vor uns. Der zweite günstige Umstand ist der nicht zu grosse Neigungswinkel dieser Richtung zur Normale des Schliffes, welcher hier vorlag. Endlich muss natürlich der zu

untersuchende Krystall ganz klar und homogen ausgebildet sein. Bei den früheren Beobachtungen unter Anwendung der Methode der directen Bestimmung der optischen Axen habe ich mehrmals bestätigt, dass jene Richtung sich viel sicherer einstellen lässt, als die optischen Axen. In der Projection ist die Hauptrichtung zum Vergleich auf theoretischem Wege construirt als ein Schnittpunkt der oben erwähnten Grosskreise.

Jetzt wenden wir uns der Bestimmung des betreffenden Plagioklases zu. Da das hier angegebene Diagramm in Bezug auf das Original verkleinert ist, so gebe ich die aus dem Diagramm selbst entnommenen Zahlen.

Die krystallographischen Coordinaten der optischen Axen bei der rohen Beobachtung waren:

für die Axe A_1 des I. Individuums	: $A = -17^0$	;	$\alpha = +11\frac{1}{2}^0$
- A_2 - I. -	: $A = +77$	;	$\alpha = +61$
- A_1 - II. -	: $A = -45\frac{1}{2}$	;	$\alpha = +63$
- A_2 - II. -	: $A = -70\frac{1}{2}$	;	$\alpha = -56$
für die Hauptrichtung H	: $A = -20$	;	$\alpha = +69\frac{1}{2}$

Der Drehungswinkel der Transformation betrug $18\frac{1}{2}^0$. Die Richtung der Drehung wird direct aus dem Diagramm ersichtlich.

Nachdem die Correction der Beobachtungslagen ausgeführt war, erhielt man für die optischen Axen folgende Coordinaten:

für die Axe A_2:	$A = -87^0$	;	$\alpha = +60^0$
- A_1:	$A = -26\frac{1}{2}$	;	$\alpha = -57$
für die Hauptrichtung:	$A = 7\frac{1}{2}$	;	$\alpha = 0$

Auf Grund dieser Zahlen wurden die Lagen der Axen n_g, n_m und n_p bestimmt und für dieselben die Zahlen $82\frac{1}{2}^0$, $37\frac{1}{2}^0$, 53^0 erhalten. Dies stimmt sehr gut mit Annahme eines Plagioklases Nr. 78 und für die Zonenaxe $157\frac{1}{2}^0$.

Der Winkel zwischen den optischen Axen beträgt ca. — 94^0, was in dem Diagramm von Michel-Lévy für einen etwas saureren Plagioklas angegeben ist.

Was endlich die geologischen Verhältnisse dieser Gabbros betrifft, so sind diese mittel- bis grobkörnigen Gesteine, meist mit deutlicher Anlage zur Gneissstructur, in der westlichen, hochgebirgigen Zone des Bergreviers entwickelt und gehören hauptsächlich dem Ostabhange der östlichen Bergkette an. Sie sind mit den typischen Syenitgneissen resp. Syeniten durch allmähliche Uebergänge verbunden, so dass sie mit den letzteren zu einer natürlichen Gesteinsgruppe zu vereinigen wären, trotz des höchst ansehnlichen chemischen und mineralogischen Unterschiedes. In diesen Gesteinen habe ich noch niemals einen echten Anorthit beobachtet, im Gegensatze zu den mehr feinkörnigen, gabbroähnlichen Gesteinen, welche im östlichen Hügellande auftreten und wahrscheinlich nur Tiefenfacies der

Diabase darstellen. In den letzteren konnte mehrmals echter Anorthit constatirt werden, unter diesem Namen einen solchen verstanden, in welchem die beiden optischen Axen A_1 des Albitzwillings genau oder annähernd coincidiren.

Plagioklas Nr. 86

(aus einem Dünnschliffe des Kugeldiorits von Corsica [1]).

Das betreffende Kugelgestein ist zu allgemein bekannt, als dass es hier einer näheren Beschreibung bedürfte.

Die Beobachtung gehört zu den älteren und ist mittelst der Methode der directen Bestimmung der optischen Axen ausgeführt.

Auslöschungswinkel des I. Individuums		— 44°
-	- II. -	+ 52

Krystallographische Coordinaten der optischen Axen:

der ersten Axe des I. Individuums:	$A = 339°$	(20);	$\alpha = -61°$
- - - - II. -	: $A = 315\frac{1}{2}$	(42);	$\alpha = -49\frac{1}{2}$
- zweiten - - II. -	: $A = 54$	(51);	$\alpha = -25$
- Zwillingsaxe	: $A = 328\frac{1}{2}$	(30);	$\alpha = -53\frac{1}{2}$

Nachdem auf Grund dieser Zahlen die Lagen der Axen n_g, n_m und n_p ermittelt waren, erhielt man folgende Bestimmungszahlen: 78°, 56°, 37°, was für einen Plagioklas Nr. 86 spricht. Dies entspricht nämlich der Zonenaxe 128°.

Der Winkel zwischen den optischen Axen ist gleich $+ 91\frac{1}{2}°$ gefunden.

Eine einfache Construction zeigt, dass hier ein Karlsbader Zwilling vorliegt.

Plagioklas Nr. 98

(aus demselben Dünnschliffe wie voriger).

Wenn auch bei gleichmässig körnigen und besonders porphyrischen Gesteinen öfters der Fall vorkommt, dass man verschiedene Glieder der Plagioklasreihe trifft, so ist dies besonders der Fall für Kugelgesteine. Deswegen will ich aus dem Beobachtungsjournal der älteren Beobachtungen noch eine andere Bestimmung eines Plagioklases desselben Gesteins entnehmen.

Auslöschungswinkel des I. Individuums		— 13°
-	- II. -	+ 50°

Dieser Fall ist auch dadurch interessant, dass hier die beiden optischen Axen A_1^1 und A_1^2 fast genau coincidiren.

Krystallographische Coordinaten der optischen Axen:

der Axen A_1^1 und A_1^2 zugleich:	$A = 317\frac{1}{2}°$	$(40\frac{1}{2})$;	$\alpha = +39\frac{1}{2}°$
der Axe A_2^2	: $A = 41\frac{1}{2}$	$(39\frac{1}{2})$;	$\alpha = +60\frac{1}{2}$

1) Aus der Fuess'schen Sammlung, nach Herrn Prof. Zirkel zusammengestellt, Nr. 9.

Auf graphischem Wege erhält man auf Grund dieser Zahlen die Bestimmungszahlen: 50°, 44½°, 83½°, was etwa für Plagioklas Nr. 98 spricht[1]). Natürlich liegt hier aber ein Albitzwilling vor. Die respective Zonenaxe ca. 18½°.

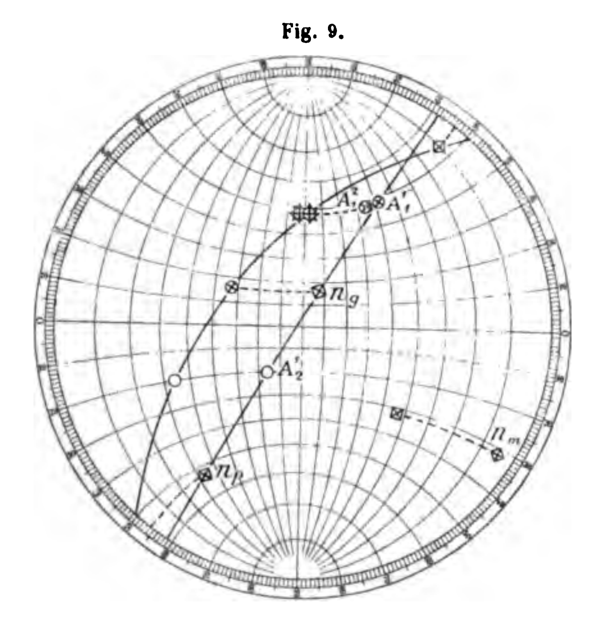
Der Winkel zwischen den optischen Axen ist gleich — 79° gefunden.

Plagioklas Nr. 94

(aus einem Dünnschliffe eines gabbroähnlichen Gesteines des Bogoslowsk'schen Bergrevieres, Nr. 28).

Diese Gesteine wurden schon bei der Beschreibung des Plagioklas Nr. 78 erwähnt als die einer Gruppe, welche sich sehr verschieden von den grobkrystallinischen Gabbrogesteinen der westlichen Zone dieses Bergrevieres erweist.

Fig. 9.



Die Bestimmung ist eine ältere und steht mir gegenwärtig in der Form eines graphischen Diagramms zur Hand, welches ich hierbei reproducire (Fig. 9). Die Bezeichnung ist der für den Plagioklas Nr. 78 ganz analog.

Aus dem Diagramm sieht man direct, dass hier ein dem Anorthit sehr nahestehendes Glied vorliegt, da der Winkel zwischen den optischen Axen A_1^1 und A_1^2 nur 4° beträgt. Nun wurde eine Transformation angewendet, und zwar eine Drehung um 39°, und dann die Lagen der Axen n_g, n_m und n_p ermittelt, für welche sich die Bestimmungszahlen: 74, 59, 36½ ergaben, was für das optische Glied Nr. 1 spricht. Die betreffende Zonenaxe 122½°. Es versteht sich von selbst, dass hier ein Albitzwilling vorliegt.

Die rohen aus dem Diagramm entnommenen Beobachtungszahlen für die Coordinaten der optischen Axen sind:

---

1) Hier haben wir den ungünstigsten Fall der Anwendung des Diagramms vor uns, und zwar den der Extrapolation. Natürlich ist dadurch eine strengere Bestimmung sehr erschwert.

für die erste Axe des I. Individuums: $A = -61^0$; $\alpha = +29\frac{1}{2}^0$
- zweite - - I. - : $A = +25$; $\alpha = +37\frac{1}{2}$
- erste - - II. - : $A = -58$; $\alpha = +27\frac{1}{2}$

Der Winkel zwischen den optischen Axen ist gleich — 86°.

Plagioklas Nr. 93
(vom Vesuv; Schliff nach (010)).

Ich wünsche diese Beobachtungsreihe mit einer Beobachtung zu schliessen, welche aufs Sorgfältigste ausgeführt wurde und dabei unter günstigsten Umständen, da der untersuchte Krystall ganz klar und homogen erschien. Leider aber war er einfach und kein Zwilling.

Trotzdem der Schliff nach (010) ausgeführt werden sollte, konnte man ziemlich scharf eine Grenzebene (also Gerade im Schliffe) bemerken, welche keine andere sein konnte, als eben die Fläche (010), was durch das Weitere vollkommen bestätigt wurde. Diese Trace wurde auf den Nullpunkt eingestellt.

Auslöschungswinkel (mittlerer aus einer Reihe scharfer und fast übereinstimmender Beobachtungen) — 63°.

Spaltrisse der Fläche (001) ebenso scharf — $26\frac{1}{2}^0$.

Die Aufsuchung der Symmetrieebenen wurde ebenso genau vorgenommen. Es wurde beobachtet:

für den Punkt g: $A = +43\frac{1}{2}^0$; $\alpha = +35^0$
- m: $A = +30$; $\alpha = -83$
- p: $A = +36$; $\alpha = -16$

Nachdem auf graphischem Wege die Symmetrieebenen durch grammastereographische Projectionen dargestellt waren, wurden für die Punkte n_g resp. g, n_m resp. m und n_p resp. p folgende Neigungswinkel bestimmt: $50^0 + 43\frac{1}{2}^0$, $63^0 + 30^0$, $56\frac{1}{2}^0 + 36^0$. Der relative Brechungsindex des Anorthit (in Bezug auf die angewandte Glaskugel) ist 1,013; demgemäss wurden die rectificirten Winkel: $n_g = 49^0$, $n_m = 60\frac{1}{2}^0$ und $n_p = 55\frac{1}{2}^0$ genommen, und dementsprechend auch die Projection verbessert.

Nimmt man jetzt die Nullrichtung als Zonenaxe, so erhält man für den Plagioklas die Bestimmungszahlen: 52°, 84°, $38\frac{1}{2}^0$, was der Zonenaxe 81° entspricht.

Wenn man dann noch die Lage des Poles der Spaltfläche (001) berücksichtigt, so wird klar, dass die Projection fast um 93° um die Zonenaxe nach rechts gedreht werden muss, um in fixirte Lage gestellt zu werden.

Der Winkel zwischen den optischen Axen wurde mittelst der Methode der Auslöschungscurven ermittelt. Und zwar erhielt man sehr gute Schneidung dieser Curven, als das Tischchen in der Lage $M = +6^0$ orientirt wurde.

Dabei erhielt man:

für $J = 0^0, \quad +62^0, \quad -62^0$

- $E = +33, \quad +14\frac{1}{2}, \quad +72$

Der Neigungswinkel des Schnittpunktes ist $A = 31^0$.

Trotzdem wurde noch die Verification durch die Einstellung $M = -60^0$ ausgeführt und man erhielt dabei:

für $J = 0^0, \quad +62^0, \quad -62^0$

- $E = -33, \quad -38, \quad -38\frac{1}{2}$

und die Auslöschungscurven wieder sehr gut in dem Punkte: $A = 98\frac{1}{2}^0$ geschnitten.

Auf diese Weise erhielt man für den gesuchten Winkel die Grösse -77^0.

Indem ich mit diesen Beispielen aus der Plagioklasreihe mich begnügen will, mögen noch den Kalifeldspäthen einige Worte gewidmet werden.

Was den Orthoklas betrifft, so wurde schon oben darauf hingewiesen, dass derselbe sich viel einfacher bestimmen lässt, als Plagioklas. Für denselben haben wir unter den drei Bestimmungszahlen die erste (also die auf Axe n_g sich beziehende) immer genau gleich 90°. Dies kann zur Bestimmung dienen. Der optische Isomorphismus zwischen demselben und einem Gliede der Plagioklasreihe (ungefähr der Nr. 20) kann die Bestimmung erschweren und die beiden Feldspäthe verwechseln lassen. Dies kann aber nur dann statthaben, wenn keine Zwillingsindividuen vorhanden sind. Nun muss ich noch darauf aufmerksam machen, dass abgesehen davon, dass dieses Glied der Plagioklasreihe nicht vorhanden ist oder wenigstens nur sehr selten vorkommt, man noch in Betracht ziehen muss, dass der optische Isomorphismus nicht so vollständig ist. Besonders stark prägt sich der optische Unterschied in dem Winkel zwischen den optischen Axen aus (für Orthoklas scheint dieser Winkel veränderlich zu sein, ist aber ca. 60°, während für das entsprechende Glied der Plagioklasreihe sich derselbe einem rechten nähert); aber selbst in Betracht der Lage der Axen des Ellipsoides finden wir einen nicht zu übersehenden Unterschied. Man ersieht diesen Unterschied direct aus dem Bestimmungsdiagramm, wo die zu Orthoklas gehörenden Curven [1]) mittelst ausgezogener Linien und kleiner Kreuzchen gekennzeichnet sind.

Somit haben wir auch hier selbst dann Unterscheidungsmerkmale, wenn Zwillingsindividuen fehlen. Ausserdem scheint in der Plagioklasreihe dieses Glied sehr wenig typisch vertreten und zonar gebaut, indem es allmähliche Uebergänge zu den nächsten Gliedern giebt, was für den Orthoklas nicht der Fall sein kann.

---

1) Natürlich nur gebrochene Geraden.

Auf Grund des Gesagten kann man schliessen, dass zur Bestimmung des Orthoklases selbst wir keine besonderen Curven bedürfen. Aber dieselben können sehr nützlich sein bei der Ermittelung der Orientirung des untersuchten Schnittes. Um dies an einem Beispiele zu illustriren, entnehme ich meinem Beobachtungsjournal eine Bestimmung, welche an einem Schliffe ausgeführt wurde, welcher nach (100) hergestellt sein sollte.

Zur Bestimmung wurde die Methode der directen Fixirung der optischen Axen angewandt.

Es wurde beobachtet (Trace der Spaltebene auf dem 90°-Punkt eingestellt):

Auslöschungswinkel 90°.

Krystallographische Coordinaten der optischen Axen:

der ersten Axe: $A = +35\frac{1}{2}°$; $\alpha = -59\frac{1}{2}°$
der zweiten - : $A = -33$; $\alpha = +59\frac{1}{2}$

Auf Grund dessen erhalten wir als Bestimmungszahlen: 90°, 70°, 20°. Das entspricht der Zonenaxe 177°; somit scheint der Schliff nicht genau genug angefertigt. Der Winkel zwischen den optischen Axen ist gleich — 58°; also zweifellos ist dies Orthoklas.

Ich habe auch Versuche angestellt über einen Schliff von Mikroklin.

Derselbe stammt aus »Sillböle« unweit Helsingsfors in Finnland[1]). Man sieht sehr gut ausgeprägte Gitterstructur und nicht sehr regelmässig verlaufende Albitadern. Wenn auch diese Adern sich verzweigen und andere Unregelmässigkeiten zeigen, so kann man doch recht gut sehen, dass deren Richtung im Ganzen einer Streifung der Gitterstructur entspricht. Mir scheint sogar, dass in dem vorliegenden Mikroklin selbst wir nur einen gewöhnlichen Albitzwilling vor uns haben (mit ungewöhnlicher Feinheit der Zwillingslamellen), und das die darin beobachtete senkrechte Verzwilligung nur eine äusserst feine Durchwachsung mit Albit ist. Dieser Schluss folgt nämlich aus der Betrachtung einzelner Theile, in welchen die angeblichen Periklinlamellen sich verdicken und in gewöhnliche Adern von Albit übergehen. Jedenfalls sind gerade diese Lamellen von solcher Feinheit, dass sie sich jedem näheren Studium entziehen. Dafür spricht auch der Umstand, dass in der Substanz des Mikroklins selbst bei verschiedenen Neigungen des Universaltischchens sich nur zweierlei Orientirungen bemerken lassen. Die Orientirung einer Art bezeichne ich als I. Individuum, und gerade diese Bestimmung konnte nur sehr unsicher ausgeführt werden, so dass ich nur meine Beobachtungszahlen (natürlich auch nur approximativ) für das II. Individuum und den Albit hier angebe.

Nun wissen alle Petrographen, was ein Mikroklin ist, und wie schwer

1) Aus der Sammlung des Landwirthschaftlichen Instituts, Nr. 4790, wo derselbe als Albit etiquettirt war.

es ist, an demselben Beobachtungen anzustellen, wenigstens wenn kein besonders ausgewähltes Präparat vorliegt, wie dies bei Des Cloizeaux's und Michel-Lévy's Untersuchungen der Fall war.

Alle früheren Methoden versagen bei dieser Bestimmung, und nur die Methode der directen Bestimmung der Symmetrieebenen ist einigermassen anwendbar, wenn auch derselben viele Schwierigkeiten im Wege stehen.

Der Schliff ist etwa normal zur Verticalaxe angefertigt worden. Die feinen Zwillingslamellen nach dem Albitgesetze auf den Nullpunkt eingestellt.

Krystallographische Coordinaten:

für den Punkt p des II. Individuums:	$A = - 8\frac{1}{2}^{0}$;	$\alpha = - 107\frac{1}{2}^{0}$
- g -	: $A = + 8$;	$\alpha = - 17\frac{1}{2}$
- p des Albit	: $A = - 9$;	$\alpha = - 88\frac{1}{2}$
- g -	: $A = + 18\frac{1}{2}$;	$\alpha = + 0\frac{1}{2}$

Daraus lassen sich für Albit die Bestimmungszahlen erhalten: $89\frac{1}{2}^{0}$, 81^{0}, 9^{0}, was der Zonenaxe 1^{0} entspricht.

Die Lagen der optischen Axen zu ermitteln, erwies sich ganz unmöglich.

Fassen wir jetzt die Resultate dieser Arbeit zusammen.

Es ist schon durch zahlreiche frühere Arbeiten zweifellos festgestellt worden, dass nicht wenige Plagioklastypen vorhanden sind, sondern dass eine fast ununterbrochene Reihe existirt, welche wir jetzt einfach durch Nummern von 0 bis 100 bezeichnen.

Hätten wir anders verfahren, so träte die Nothwendigkeit auf, verschiedene Abtheilungen einer ununterbrochenen Reihe von einander zu trennen. Auf welches Princip hätten wir diese Abtrennung gründen müssen, und würde nicht überhaupt jede Abtrennung unter einer gewissen Willkür leiden? Dafür dass die Reihe wirklich ununterbrochen ist, sprechen alle Beobachtungen, von denen des Entdeckers dieser Reihe Hrn. Tschermak angefangen; dazu haben besonders die zahlreichen Beobachtungen von Max Schuster, Hrn. Michel-Lévy, Fouqué und für basischere Glieder auch die von Hrn. Becke beigetragen. Auf Grund aller dieser Arbeiten können wir jetzt alle Trennungen der Plagioklasreihe als nicht naturgemäss erklären, und die Frage nach einer solchen Gliederung selbst scheint eine ganz müssige zu sein.

Ich hätte weiter gehen und die Frage aufstellen können, ob gerade die Möglichkeit, die Glieder der Plagioklasreihe durch Nummern zu bezeichnen, nicht als die höchste Errungenschaft aller vorherigen zahlreichen Arbeiten zu bezeichnen wäre. Die noch unlängst so schwierige und dunkle Frage der Bestimmung der Plagioklasglieder in Gesteinsdünnschliffen ist jetzt in sehr befriedigender Weise gelöst, und diese Lösung kann als Muster für die

optische Untersuchung anderer gesteinsbildender Mineralien dienen. Wer mit Gesteinsdünnschliffen zu thun hat, weiss sehr gut, wie wünschenswerth es ist, auch andere Mineralien in natürliche Reihen zu vereinigen, für welche wir möglichst einfache Bestimmungsdiagramme zur Verfügung hätten. Dann würde die praktische Petrographie einen bedeutenden Aufschwung erhalten, indem man nicht mehr mit Gruppenbestimmungen sich zu begnügen brauchte, sondern dem Ziele, die Mineralien individuell zu charakterisiren, viel näher gekommen wäre.

An dieser Stelle möchte ich eines der einfachsten Beispiele anführen. Bei der Bestimmung der rhombischen Pyroxene begnügt man sich gewöhnlich damit, dass das vorliegende Mineral zu dieser Gruppe gehört, oder öfters geht man weiter und giebt die Gründe an, weshalb dasselbe zu Enstatit, resp. zu Hypersthen gehört (oder auch zu Bronzit). Nun aber wissen wir, dass auch hier eine ununterbrochene Reihe verschiedener Glieder vorliegt, und von einem Gliede dieser Reihe, welches 2,76% *FeO* enthält, zu behaupten, es sei ein Enstatit, von einem Gliede dagegen, dessen Procentgehalt etwas über 3% beträgt, es sei dies schon ein Bronzit, wäre der Natur Gewalt angethan; ebenso ein Glied mit 11½% *FeO* als einen Bronzit, aber eins mit 13½% als Hypersthen zu bezeichnen. Wir würden dann als ein und dasselbe Mineral dasjenige zusammenfassen, welches 3% und das, welches 12% *FeO* enthält; ist noch 1% hinzugenommen, so wäre das schon ein anderes Mineral. Es ist doch im Gegentheil viel mehr naturgemäss, ein vorliegendes Glied dieser Reihe direct und individuell zu charakterisiren z. B. mit Hilfe der Messung des Winkels zwischen den optischen Axen; ist dieser Winkel gleich $+ 2V$ gefunden, so schliessen wir direct, dass wir es mit dem Glied Nr. x zu thun haben, indem die Nummer den Procentgehalt des Bestandtheiles $FeSiO_3$ bezeichnet.

Was speciell die Bestimmung der Plagioklase betrifft, so habe ich schon in der Einleitung darauf aufmerksam gemacht, dass jede Methode, welche eine Auswahl besonderer Schnitte oder einer besonderen Zone fordert, verlassen werden müsse. Das Feldspathstudium hat schon einen Schritt weiter gemacht, und wir können jetzt von der Hilfe dieser zeitraubenden und ihrem Principe nach ungenauen Methode absehen und uns denjenigen zuwenden, welche eine solche für ein beliebiges oder fast beliebiges Körnchen zulassen.

In dieser Arbeit habe ich eine solche Methode vorgeschlagen und an vielen Beispielen illustrirt. Dieselbe erfordert nur das Vorhandensein der Trace des zweiten Pinakoids und nichts weiter. Dabei gelangt man zur Bestimmung der räumlichen Lage der Axen n_g, n_m und n_p, und die Aufgabe ist gelöst.

Nun fragt es sich, ob es auch vielleicht andere, diesen Forderungen genügende Methoden giebt, welche möglicherweise noch leichter und genauer zum Ziele führen würden.

Ich muss diese Frage verneinend beantworten. Wenn man den allgemeinsten Fall in Betracht zieht, so stehen nur verschiedene, optisch wichtige Richtungen und unter den krystallographischen Richtungen nur die erwähnte Trace zu unserer Verfügung.

Die Frage kann also nur darin bestehen, ob nicht die Axen des Ellipsoides, sondern die optischen Axen besser zu benutzen wären.

Der Winkel zwischen den optischen Axen ist infolge seiner Veränderlichkeit in sehr engen Grenzen zur praktischen Bestimmung der Plagioklase gar nicht geeignet. Es liegt sogar die Möglichkeit vor, dass dieser Winkel durch irgend welche nebensächliche Umstände variirt, dass also bei vollständig genauer Messung dieser Winkel uns zweideutige Resultate geben würde. Die Unsicherheit wird noch dadurch erhöht, dass dieser Winkel für sehr verschiedene Glieder der Plagioklasreihe derselbe sein kann.

Ausserdem zeigt sich jetzt, dass speciell unter Benutzung des Universaltischchens mit drei Drehaxen die einfachste, rascheste und zugleich genaueste Operation die directe Bestimmung der Symmetrieebenen resp. der Punkte g, m und p ist. Die Bestimmung der optischen Axen wird dann fast überflüssig, und gerade die letzte erfordert die grösste Zeit für sich.

Beispielsweise gebe ich sogleich die einfachste und genaueste Operation einer Plagioklasbestimmung, welche ich an dem ersten zur Hand genommenen Dünnschliffe ausführte, um mich speciell zu vergewissern, wieviel Zeit dazu nöthig ist.

Der Dünnschliff ist der eines Rapakiwi aus der Gegend von Wyborg[1]). In demselben wurde die Umrandung von einem sehr schön ausgebildeten und frischen Plagioklas bemerkt, welcher durch zahlreiche und dünne Zwillingslamellen sich auszeichnet und ausserdem fleckenartige Partien enthält, welche ebenso sehr dünne Zwillingslamellen enthalten und offenbar mit dem umgebenden Krystall gleich orientirt, wenn auch durch sehr scharfe und unregelmässige Contouren von ihm getrennt sind. Ausserdem beobachtet man (und besonders deutlich bei der directen Bestimmung der Symmetrieebenen), dass der Plagioklas zonar gebaut ist, aber die Zonen sind nicht scharf, sondern durch allmähliche Uebergänge verbunden.

Für die Untersuchung wählte ich einerseits die äusserste Zone, welche zugleich die breitesten Zwillingslamellen aufweist, andererseits einen der Flecken. Die Resultate sind die folgenden:

Krystallographische Coordinaten

des Punktes m: $A = -10\frac{1}{4}^{0}$; $\alpha = -4^{0}$
- g: $A = -9$; $\alpha = -98$

Auslöschungswinkel $-84\frac{1}{2}^{0}$.

1) Aus der Sammlung des Landwirthschaftlichen Instituts, Nr. 234.

Daraus erhält man die Bestimmungszahlen: 83°, 12°, 80½°. Aus der Tabelle ersieht man, dass dies einem etwas saureren Gliede als Typus 4, also ca. Nr. 24, und der Zonenaxe 56° entspricht.

Für den Einschluss wurde erhalten

für den Punkt m: $A = -15\frac{1}{2}°$; $\alpha = 0°$
- g: $A = -10$; $\alpha = -87$

Daraus sind die Bestimmungszahlen: 87°, 15½°, 75° berechnet, und dies entspricht etwa dem Gliede Nr. 20 und derselben Zonenaxe.

Für die Bestimmung braucht man nichts Weiteres, und hierzu wurde, zusammen mit den graphischen Rechnungen, weniger als zwei Stunden gebraucht.

Man sieht aus diesem Beispiele, bis zu welchem Grade der Einfachheit die benutzte Methode geführt hat.

Nun erwarte ich eine kritische Besprechung dieser Methode von der Seite meiner hochgeehrten Collegen.

Was mich betrifft, so sehe ich in der Methode selbst keine principiellen Mängel, wohl aber in deren Anwendung bei dem jetzigen Standpunkte unserer Kenntnisse. Einerseits, trotz aller Sorgfalt, mit welcher ich mittlere Typen aufzustellen versuchte, sehe ich dieselben nur als die wahrscheinlichsten, nicht aber als zweifellos und genau festgestellte Typen an. Andererseits sind deren noch zu wenige; am besten wäre es, als Typen die um zehn Nummern differirenden Glieder der Reihe auszuwählen. Dann hätte man natürlich jedes Zwischenglied viel sicherer an seine Stelle gebracht. In dieser Hinsicht bleibt bei der jetzigen Anwendung der Methode noch nicht wenig Zweifelhaftes, wenn man es mit Zwischengliedern zu thun hat.

Die Methode beruht auf der Ermittelung der Winkel, welche die Zonenaxe mit den Axen n_g, n_m und n_p bildet, also auf Ermittelung von Breitenwinkeln auf der Sphäre. Nun lässt sich die Methode noch sicherer und empfindlicher machen, wenn man dazu noch die Längenwinkel berücksichtigt. Für mich selbst habe ich auch das Diagramm für diese letzteren Winkel entworfen (dabei ist es nothwendig, positive und negative Winkel zu unterscheiden) und sehe aus demselben, dass in diesem Diagramm, in welchem die Ordinatengrössen sich von $-90°$ bis $+90°$ erstrecken, die Curven viel weiter auseinander laufen, also die Bestimmung viel empfindlicher auszuführen wäre, aber nur unter der Bedingung, dass viel mehr Zwischentypen aufgestellt würden. Bei dem jetzigen Stande der Kenntniss ist diese Empfindlichkeit illusorisch, da gewiss die Zwischenglieder nicht proportionale Lagen zwischen den nächsten Curven annehmen, so dass bei der Anwendung derselben wir schon jetzt auf scheinbare Widersprüche stossen würden.

Deshalb ist diese empfindlichere Methode der Zukunft zu überlassen.

Die Benutzung der so oft vorkommenden Zwillingskrystalle hätte natürlich die Möglichkeit gegeben, viel mannigfaltigere Bestimmungsverfahren zur Anwendung zu bringen, und dies war gerade der Ausgangspunkt meiner Versuche. In allen dazu gehörenden Operationen liegt aber der schwache Punkt, dass einerseits dies doch nicht der allgemeinste Fall ist, andererseits aber die Zwillinge nach verschiedenen Gesetzen ausgebildet sind. Am häufigsten kommen allerdings die Albitzwillinge vor, aber nicht selten auch Karlsbader Zwillinge, und schon dieser Umstand weist auf die Schwierigkeiten hin, welche bei diesem Verfahren auftreten können. Was das Periklingesetz betrifft, so vermochte ich kein einziges Mal dasselbe an einem Dünnschliffe mit genügender Genauigkeit festzustellen, und deswegen scheint mir, dass diesen Zwillingen in Dünnschliffen[1]) für praktische Zwecke keine Bedeutung beizulegen ist. Ein sehr merkwürdiger und günstiger Umstand ist, dass für beide am häufigsten vorkommende Gesetze die Zwillingsebene die Ebene (010) ist; die Spaltungsebene behält dieselbe Lage für beide Individuen, sodass das Bestimmungsdiagramm für beide Individuen direct anwendbar ist. Bei dem angewandten Verfahren besteht aber zwischen beiden der bezeichnende Unterschied, dass, wenn man auch für beide Individuen Bestimmungszahlen erhält, welche einer und derselben Nummer der Plagioklasreihe entsprechen (falls beide wirklich identisch sind, was durchaus nicht immer statthat), für den Karlsbader Zwilling die Zahlen verschieden, für den Albitzwilling dagegen genau dieselben sind, d. h. die beiden Individuen des Albitzwillings einer und derselben Zone angehören, diejenigen des Karlsbader Zwillings nicht.

Wenn auch selten, kommen aber auch andere Zwillingsgesetze vor, und wie es die Untersuchung der Nr. 47 gezeigt hat, ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, ganz neue Gesetze in Dünnschliffen anzutreffen.

Was die in dem erwähnten speciellen Falle vorliegenden Gesetze betrifft, so haben wir gesehen, dass die Zwillingsebenen beinahe rechtwinkelig zu einander stehen. Da aber bei gleicher krystallographischer Bedeutung dieser Ebenen die genaue Rechtwinkeligkeit nicht möglich ist, so ist mir am wahrscheinlichsten, dass dem Zwillingsgesetz in der That nur annähernd eine krystallographische Bedeutung zukommt, wie dies öfters bei pseudosymmetrischen Krystallen vorkommt; darauf hat ganz besonders Hr. Brauns in seiner ausgezeichneten Arbeit über optische Anomalien hingewiesen.

Ich möchte hier noch ein paar Worte der physikalischen Bedeutung verschiedener Zwillingsgesetze widmen.

---

1) Nicht aber in orientirten Schliffen, für welche die Bestimmung recht empfindlich und charakteristisch sein muss.

Indem ich die umständliche Darlegung dieses Gegenstandes einer späteren Arbeit vorbehalte, erlaube ich mir hier vorläufig darauf hinzuweisen, dass von dem Standpunkte der Theorie der Krystallstructur dreierlei Zwillingsbildungen vorauszusehen sind.

Die erste hat nur für diejenigen Krystalle statt, deren Symmetrie bei gegebener Syngonieart nicht die höchste ist, d. h. bei der die Symmetriegrösse sich nicht durch die höchste Zahl ausdrücken lässt, welche überhaupt für die gegebene Syngonieart zulässig ist.

Nun wurde schon in meinen bisher erschienenen Arbeiten über Theorie der Krystallstructur bewiesen, dass die einer Krystallmolekel zugehörende Raumeinheit resp. Raumzelle, welche durch ein normales Paralleloëder vertreten ist, die gleiche ist für alle Symmetriearten einer gegebenen Syngonie. Es ist sehr gut denkbar, dass die Krystallsubstanz in dem Rahmen einer und derselben Raumeinheit nicht gleich orientirt ist, weil der äusseren Form der Raumeinheit solche Symmetrieelemente zugehören, welche für die Krystallsubstanz selbst nicht statthaben. Ist solche Orientirung in einem Theile des Krystallkörpers verschieden von dem eines anderen Theiles desselben, so haben wir einen Fall der Zwillingsbildung vor uns und zwar denjenigen, welcher durch die oben gegebene Definition eines vollkommenen Zwillings in strengem Sinne charakterisirt wurde.

Der zweite Fall ist derjenige, für welchen die Form eines Paralleloëders streng genommen eine gegebene Zwillingsstellung nicht zulässt, wo aber eine solche Zwillingsstellung als Folge eines inneren Gleichgewichts in zwei Orientirungen zu Stande kommt. Dieser Fall theilt sich in zwei weitere Unterfälle: a) als Folge der Form der Raumeinheit selbst, wie dies namentlich für ein Heptaparalleloëder der Fall sein kann. Daraus entstehen die Zwillinge, welchen theilweise keine einfache und genaue krystallographische Bedeutung, theilweise (wie dies durch den Fall des gewöhnlichen Gesetzes der kubischen Syngonie vertreten ist) eine ganz einfache und strenge krystallographische Bedeutung zukommt; b) die Zwillingsgesetze der pseudosymmetrischen Krystalle, welchen sämmtlich nur angenähert einfache krystallographische Bedeutung zukommt. Alle diese gehören zu den nicht vollkommenen, mit Ausschluss des gewöhnlichen Gesetzes für kubische Syngonie.

Endlich der dritte Fall der Zwillingsbildung ist eine Folge mechanischer Deformation, und zwar der in der Mechanik streng durch das Wort »Schiebung« bezeichneten (leider wird bis jetzt von den Mineralogen das Wort Gleitung gebraucht, welches vom mechanischen wie auch geologischen Standpunkte, wo das Wort richtig gebraucht wird, einen ganz anderen Begriff ausdrückt). Dieser Fall gliedert sich wieder in zwei Unterfälle, für

welche einerseits eine rationale, andererseits eine irrationale Ebene die Schiebungsebene ist[1]).

Wenn wir jetzt die Zwillingsgesetze der Feldspäthe von diesem Standpunkte aus gliedern wollen, so müssen wir zuerst darauf Bezug nehmen, durch welche physikalischen Eigenschaften jede dieser Zwillingsart gekennzeichnet ist.

Nun ist ganz zweifellos festgestellt, dass die bekannte und sehr oft auftretende feine Zwillingsbildung des Calcit in Dünnschliffen zur dritten Art gehört d. h. zur Zwillingsbildung infolge von Druckschiebung. Bekannterweise offenbart sich diese Zwillingsbildung durch sehr feine und zahlreiche Lamellirung. Sehr günstig erscheint dabei der Umstand, dass diese Lamellirung nicht nach einer, sondern nach drei Richtungen stattfindet (infolge der Symmetrie des Kalkspath). Nun kann es nicht selten vorkommen, dass eine Lamellirung die frühere ist und die anderen später entstanden sind. Dann muss die Schiebung auch in Bezug auf die früheren Lamellen zum Vorschein kommen, und diesen Fall habe ich einige Male ganz deutlich beobachtet. Z. B. ist ein solcher Fall in meinem Beobachtungsjournal für Kalkstein des Bogoslowskschen Bergrevieres *bc* 22 beschrieben. Hier (Fig. 10) sehen wir nämlich die schief gestellten Zwillingslamellen in einer bestimmten Richtung (durch Pfeil angedeutet) verschoben. Diese Beobachtung dient nicht nur zum Beweise des mechanischen Ursprungs dieser Lamellirung, sondern zeigt uns zugleich ganz deutlich, welche Lamellirung früher, und welche später entstanden ist; die späteren sind die breiteren horizontalen Lamellen.

Fig. 10.

Man sieht eine gewisse Analogie dieser Erscheinung mit der in der Geologie bekannten, der Durchkreuzung verschiedenalteriger Gänge resp. verschiedenalteriger Verwerfungen. Bei Verwerfungen haben wir aber mit echten Gleitflächen zu thun; in den Krystallen des Calcit handelt es sich um »Schiebungen«. Man begreift leicht den tiefgehenden Unterschied zwischen beiden Erscheinungen. In den Gebirgskörpern sehen wir niemals eine Andeutung einer Schiebung; wohl aber gelingt diese beim Calcit und vielen anderen Mineralien, wie dies besonders durch die Studien von Hrn. Mügge an zahlreichen Beispielen dargethan ist.

Wenn es aber selbst beim Kalkspath so selten gelingt, die Verschie-

1) Hierzu gehören diejenigen Zwillinge, welche einfach durch Druck allein entstehen, wie auch solche, wo der Druck bei dem Paramorphosirungsprocesse entsteht, deren Bildung daher natürlich auch von Druckerscheinungen begleitet wird. Ich hatte schon längst zu zeigen versucht, dass dieser Fall besonders schön bei Metaperowskit zum Ausdrucke kommt.

bung der Zwillingslamellen zu beobachten, so ist es nicht wunderbar, dass die analoge Erscheinung für manche andere, viel härtere Mineralien der Beobachtung entgeht, hauptsächlich wenn nicht besonders auf dieselben Acht gegeben wird. Leider war es auch mir nicht möglich, diese Erscheinung für Periklinzwillinge der Plagioklase zu constatiren; doch bleibt es für mich sehr wahrscheinlich, dass diese, keineswegs aber andere Zwillinge der Plagioklase, durch Druck entstanden sein können.

Wenn es auch nicht sehr selten vorkommt, z. B. einen Albitzwilling in fast derselben Feinheit der Lamellirung zu beobachten, wie es bei Periklinzwillingen der Fall ist, so sind bekanntlich sehr oft auch viel breitere Lamellen anzutreffen.

In dieser Hinsicht springt eine allgemeine Erscheinung in die Augen, welche schon längst von den Beobachtern bemerkt und constatirt wurde, welche vom Standpunkte der Theorie der Krystallstructur sehr begreiflich ist und ganz gut vorausgesehen werden könnte. Man findet nämlich die feinste Lamellirung bei denjenigen Gliedern der Plagioklasreihe (etwa Nr. 20—30), welche in Hinsicht auf die geometrischen ebenso wie optischen Constanten sich am meisten der monoklinen Syngonie nähern. Die Theorie der Krystallstructur hätte also für diese Glieder behaupten können, dass die Gleichgewichtslagen der Molekeln, welche um die zu (010) normale Gerade um 180° gedreht liegen, durch fast identische innere Verhältnisse bestimmt werden. Die häufigere, wenn auch zufällige, Vertauschung dieser beiden Orientirungen ist also gerade für diese Glieder der Reihe die wahrscheinlichste.

Dies ist aber um so weniger der Fall, je basischer die Glieder sind und je mehr sie sich folglich von der monoklinen Syngonie entfernen. Ob es nicht zugegeben wird, dass darin eine völlige Uebereinstimmung zwischen den theoretischen Ansichten und der Erfahrung besteht?

Das ist aber nur für Albitzwillinge der Fall, keineswegs für Karlsbader, für welche auch im Orthoklas selbst niemals feine Lamellirung gefunden wird. Für die letzteren Zwillinge und noch mehr für die Manebacher, Bavenoer und Bogoslowsk'schen (ich möchte so die Zwillingsgesetze der Nr. 17 bezeichnen) ist also die Gleichgewichtslage des ersten Individuums viel weniger stabil als der anderen. Zu der Zwillingsbildung muss also eine besondere Zufälligkeit beigetragen haben.

Ich erlaube mir diese Gelegenheit zu ergreifen, um eine, wie mir scheint, bemerkenswerthe Beobachtung zu erwähnen, welche ich schon längst an einem Bogoslowsk'schen Gabbrodünnschliffe (Nr. 22) angestellt hatte. Man sieht nämlich, wie gewöhnlich, den Diallag durch grüne Hornblende umrandet, und dabei gelang es, die richtige gegenseitige Orientirung der beiden Mineralien zu constatiren. Nun treten zwei nicht breite, streng parallele Zwillingslamellen zu Tage, welche in der Form zweier Streifen

von Hornblende zu Diallag verlaufen mit strengster Regelmässigkeit, d. h. so, dass die parallelen Grenzgeraden jedes Streifens für Diallag und für Hornblende ganz genau coincidiren. Das Zwillingsgesetz ist das gewöhnliche für beide Mineralien (also nach (100)). Diese Beobachtung hätte dafür sprechen können, dass wir es hier etwa mit Druckerscheinung zu thun haben. Nun aber wird diese Voraussetzung dadurch unzweifelhaft widerlegt, dass die beiden Lamellen sich in der Mitte des Diallagkrystalls auskeilen: die eine früher, die andere erst sehr allmählich.

Daraus ist zu schliessen, dass das hier vorliegende Zwillingsgesetz zur zweiten Klasse gehört, d. h.: nachdem die Bildung des Diallagkrystalls vollendet war, lagerten sich die Molekeln der Hornblende an Stelle der verschieden orientirten Molekeln des Diallag mit derselben Verschiedenheit ihrer eigenen Orientirung ab, wobei die Ablagerung der Molekeln beider Theile des Krystalles einem und demselben (übrigens allgemein bekannten) Gesetze folgte.

Meine Aufgabe scheint somit abgeschlossen. Aber ich erlaube mir noch eine Frage zu behandeln, welche, obgleich allgemeinerer Art, den litterarischen Angaben über Plagioklase gemäss auf eine flagrante Anomalie hinweisen würde. Ich meine die Frage der Aenderung des specifischen Gewichtes nach dem Schmelzen und raschen Erkalten.

Obgleich hier nicht der Platz ist, diese Aufgabe gründlich zu behandeln, so glaube ich doch ein paar Worte derselben widmen zu müssen.

Wenn eine krystallinische Substanz geschmolzen und rasch erkaltet, also in den amorphen Zustand resp. in ein Glas umgewandelt wird, so kann man vom Standpunkte der Krystallstructurtheorie die Behauptung aufstellen, dass unter diesen Umständen die allgemeine Tendenz einer materiellen Substanz, eine möglichst compacte Lagerung ihrer Molekeln zu erzielen (resp. Tendenz zur minimalen Oberfläche der Molekelsphäre) nicht zum Ausdrucke kommt[1]; die Theorie der Krystallstructur lehrt uns, dass gerade unter diesen Umständen eine gegebene Masse bei ganz compacter Ausbildung den grössten Raum in Anspruch nimmt, resp. das specifische Gewicht sein Minimum erreicht. Soviel mir bekannt, stimmt diese theoretische Behauptung mit der directen Erfahrung vollkommen überein.

Die Theorie lehrt uns weiter, dass, wenn die Erkaltung aufs langsamste zu Stande kommt, so dass für die Tendenz zur minimalen Oberfläche die günstigsten Umstände vorliegen, sich die Molekeln am regelmässigsten im Raume lagern, und ein einziges Krystallindividuum mit geringster Molekeloberfläche entsteht. Sind die Umstände nicht so günstig, so kommt eine nicht so vollkommene Krystallisation zu Stande, und es entsteht nicht ein

---

1) Vergl. Minimumproblem in der Lehre von der Symmetrie. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. 1894, **1**, 56 ff. Ref. am Schlusse dieses Heftes.

Krystallindividuum, sondern ein Aggregat kleiner Individuen, möglicherweise mit Resten der amorphen Substanz.

Somit können wir je nach den Umständen für eine und dieselbe Substanz verschiedene Grössen des specifischen Gewichtes erwarten, welche sämmtlich zwischen den äussersten Grenzen — den specifischen Gewichten eines einzigen Krystallindividuums und einer rein amorphen Varietät — liegen.

Bezeichnen wir diese Grenzwerthe des specifischen Gewichtes einer und derselben Substanz durch d_k und d_a, so kann man für das specifische Gewicht d_x eines Zwischenstadiums erwarten, dass $d_k > d_x > d_a$, und das Verhältniss $d_x : d_k$ als einen Coëfficienten der Krystallisation bezeichnen. Für das krystallinische Individuum ist dieser Coëfficient gleich 1 und das ist sein höchster Werth; für die rein amorphe Varietät nimmt dieser Coëfficient die geringste Grösse $d_a : d_k$ an.

Nun kommt nach erfolgter Krystallisation eine gewisse Syngonie zu Stande, und es ist zu erwarten, dass, von je höherer Art diese Syngonie ist, desto grösser der Coëfficient der Krystallisation sei, und betreffs verschiedener Substanzen wäre zu erwarten, dass für diejenigen, welche aus dem amorphen Zustande in Individuen höherer Syngonieart auskrystallisiren, der Coëfficient der Krystallisation höher sei als für diejenigen, welche in niedrigeren Syngoniearten krystallisiren.

Nun wenden wir uns an die Erfahrung. Damit aber nicht die Befürchtung entstehen könnte, dass die Erfahrungsdaten tendenziös ausgewählt worden sind, nehme ich eine der vollständigsten mir zur Hand stehenden Zusammenstellungen und zwar die von Hrn. Zirkel in seinem Lehrbuche der Petrographie 2. Auflage Bd. I. S. 680.

Dieser entnehme ich sämmtliche angegebenen Beispiele, welche ich nach Syngoniearten zusammenstelle.

Mineral:	d_k	d_a	$d_a : d_k$	Beobachter:
		Kubische Syngonie.		
Rother Granat, Grönland	3,90	3,05	0,782	Magnus
Grossular, Wiluifluss	3,63	2,95	0,813	Derselbe
		Hexagonale Syngonie.		
Quarz	2,663	2,228	0,837	Deville
		Tetragonale Syngonie.		
Vesuvian, Egg, Norwegen	3,45	2,957	0,857	Magnus
		Rhombische Syngonie.		
Olivin, Fogo	3,381	2,831	0,837	Deville

Mineral:	d_k	d_u	$d_u : d_k$	Beobachter:
	Monokline Syngonie.			
Augit, Guadeloupe	3,266	2,835	0,868	Deville
Hornblende, Oran	3,216	2,826	0,879	Derselbe
Orthoklas, Hirschberg	2,595	2,284	0,879	G. Rose
Adular, St. Gotthard	2,561	2,351	0,918	Ch. Deville
Sanidin, Ischia	2,597	2,400	0,924	Abich
	Trikline Syngonie.			
Albit, Zillerthal	2,604	2,041	0,784	Rammelsberg
Oligoklas, Ytterby	2,606	2,362	0,907	Thoulet
Labrador, Küste Labrador	2,689	2,525	0,939	Deville
Albit, Kirebinsk, Ural	2,631	2,365	0,900	Kupffer (1896)
Oligoklas, Ytterby in Schweden	2,647	2,272	0,856	Derselbe.

Aus diesen Zahlen sieht man im Ganzen eine genügende Uebereinstimmung mit den Erwartungen der Theorie. Natürlich kann man den Zahlen, welche von verschiedenen Beobachtern unter verschiedenen Umständen erhalten wurden, keine absolute Zuverlässigkeit zuschreiben. Sehr wahrscheinlich ist, dass bei systematischer Behandlung und ganz genauer und gleichförmiger Ausführung der Versuche die Zahlen etwas anders ausfallen würden; aber schon jetzt fällt eine ausserordentliche Anomalie für Albit auf, dessen minimaler Krystallisationscoëfficient zu gering erscheint, da er fast gleich dem des rothen Granat ist.

Infolgedessen habe ich meinem Assistenten, Herrn Aug. Kupffer, die Bitte vorgelegt, diesen Coëfficienten speciell für Albit zu ermitteln.

Er nahm für seine Versuche das reinste Material, welches überhaupt in der Sammlung des Landwirthschaftlichen Instituts zu finden war, und zwar einen Krystall aus Kirebinsk im südlichen Ural (Nr. 4285 der Sammlung).

Nach längerem Kochen maass Derselbe das specifische Gewicht mittelst der Methode des Pyknometers bei + 22° C. (Bar. 753,5 mm) und erhielt die oben angegebene Zahl.

Das Material wurde im Platintiegel über der Lampe von Schpakowsky geschmolzen. Dabei blieb dasselbe sehr lange in ungeschmolzenem Zustande, selbst bei Weissgluth; nachdem aber die Temperatur den höchsten Punkt erreicht hatte, kam die Schmelzung sehr rasch zu Stande, und man erhielt bei rascher Kühlung (auf eiserner Platte) ein ganz reines Glas.

Die zweite Zahl wurde bei + 20° C. (Bar. 752 mm) erhalten nach längerem Kochen im Pyknometer.

Diese Beobachtung beweist aufs Deutlichste, dass in der That keine besondere Anomalie für Albit besteht, und auch dieses Mineral ganz gut der allgemeinen Gesetzmässigkeit untergeordnet ist.

Um aber von der Reinheit und dem chemischen Bestande sich vollen

Aufschluss zu verschaffen, wurde ein Dünnschliff angefertigt und aufs Genaueste optisch untersucht. Die letztere Prüfung erforderte nur $2\frac{1}{2}$ Stunden.

Die Substanz wurde bei der Beobachtung ganz rein und homogen gefunden, ohne jede Spur von Einschlüssen resp. Zersetzung; wohl aber kamen Zwillingslamellen zum Vorschein und zwar nach dem Albitgesetze (wie aus dem Weiteren ersichtlich wird).

Die Untersuchung wurde nach der Methode der directen Bestimmung der Symmetrieebenen ausgeführt, und ausserdem wurden die optischen Axen nach der Methode der Auslöschungscurven bestimmt.

Die Zwillingstrace wurde mit dem verticalen Faden zur Deckung gebracht. Das vorherrschende Individuum ist als das I. bezeichnet, die Zwillingslamellen als das II.

Auslöschungswinkel des I. Individuums		-87^0
-	- II. -	$+86\frac{1}{2}$

Krystallographische Coordinaten

des Punktes g des I. Individuums:	$A = -14^0$;	$\alpha = -97\frac{1}{2}^0$
- p - I. -	: $A = -21\frac{1}{2}$;	$\alpha = 0$
- g - II. -	: $A = -16\frac{1}{2}$;	$\alpha = +94\frac{1}{2}$
- p - II. -	: $A = -22\frac{3}{4}$;	$\alpha = -2\frac{1}{2}$

Nach der Methode der Auslöschungscurven wurde das I. Individuum geprüft.

Nachdem das Tischchen auf $M = 42\frac{1}{2}^0$ eingestellt war, erhielt man

für $J =$	0^0 ,	-40^0,	$+40^0$
- $E =$	$-38\frac{1}{2}$,	-32 ,	$-48\frac{3}{4}$

Daraus erweist sich eine optische Axe durch die Coordinaten:

$$A = -64\frac{1}{2}^0; \quad \alpha = -77^0 \text{ bestimmt.}$$

Zur Verificirung wurde das Tischchen auf $M = 119\frac{1}{2}^0$ eingestellt und man erhielt:

für $J =$	0^0 ,	-40^0,	$+40^0$
- $E =$	$+38\frac{1}{2}$,	$+40$,	$+41$

Daraus erhält man auf graphischem Wege für die andere optische Axe die Coordinaten:

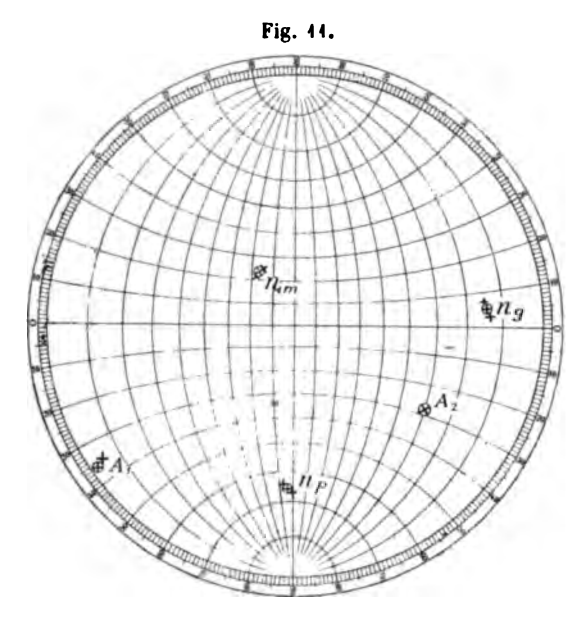
$$A = -87^0; \quad \alpha = +77^0.$$

Als Bestimmungszahlen für das I. Individuum erhält man die Zahlen 83^0, 68^0, $21\frac{1}{2}^0$ und für das II. Individuum 86^0, 67^0, 23^0; als Mittel ist $84\frac{1}{2}^0$, $67\frac{1}{2}^0$, 22^0 angenommen, was recht gut mit dem reinen Albit stimmt (für die Zonenaxe $19\frac{1}{2}^0$).

Da aber die gefundenen Pole der optischen Axen nicht ganz genau in die Ebene $n_p n_g$ gekommen sind, so wurden noch die Pole n_g, n_m und n_p

auf graphischem Wege aus der gefundenen Lage der optischen Axen ermittelt, und schliesslich für alle diese Punkte eine Mittellage zwischen beiden Bestimmungen angenommen. Auf diese Weise erhielt man endgültig 84½°, 67°, 23°.

Fig. 11.



Alle diese Lagen ersieht man direct aus dem beigegebenen Diagramm, wo alle unmittelbar aus der Beobachtung erhaltenen Pole durch einfache Kreuze angezeigt worden sind (Fig. 11), und die endgültigen Mittellagen durch Kreuze in Kreisen[1]).

Der Winkel zwischen den optischen Axen wurde + 71° gefunden.

Was endlich den Oligoklas aus Ytterby betrifft, so hat Hr. Kupffer dessen specifisches Gewicht im krystallisirten Zustande bei 22° C. (Bar. 753,5 mm) und im geschmolzenen Zustande bei 20° C. (Bar. 743,5 mm) bestimmt.

Anmerkung. Um auch anderen Forschern die Anwendung der vorbeschriebenen Methode zu erleichtern, sind die vom Verf. benutzten Netze durch den Verleger dieser Zeitschrift zu beziehen (s. Umschlag). Eine Probe derselben ist diesem Hefte beigegeben. Die Lösung der graphischen Aufgaben ist direct auf solchem Netze auszuführen, oder auf gewöhnlichem Papier, auf dem man einen Kreis von 1 dm Radius zieht und dann das Netz concentrisch auflegt.

---

1) Für die Axe A_2 wurde in beiden Fällen fast genaue Deckung gefunden, d. h. dieselbe erwies sich von Anfang an in der Ebene $n_g n_p$.

XV. Beweis der Rationalität einer dreizähligen Symmetrieaxe.

Von

C. Viola in Rom.

(Mit 5 Textfiguren.)

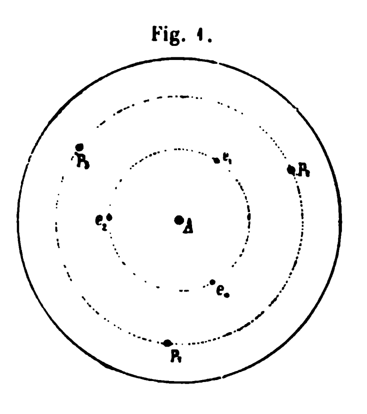
Die immer noch vorhandene Meinungsverschiedenheit über die Rationalität einer dreizähligen Symmetrieaxe [1]) und ein freundlicher Brief von Herrn L. Fletcher in London veranlassen mich, die Frage von einem anderen Gesichtspunkte aus zu behandeln.

Dabei werde ich einen durchaus elementaren Weg einschlagen, damit die Sache allgemein beurtheilt werden kann, und jeder Mineraloge darüber seine massgebende Ansicht aussprechen möge.

Das Problem der Rationalität einer dreizähligen Symmetrieaxe lässt sich offenbar in zwei verschiedene Theile zerlegen; in dem ersten muss die allgemeine Bedingung gefunden werden, unter welcher eine dreizählige Symmetrieaxe möglich ist, in dem zweiten hat man speciell zu beweisen, wann diese Bedingung mit der Rationalität der Axe in Einklang steht.

Ich erlaube mir, hier die zwei Theile getrennt zu wiederholen, obwohl nunmehr die Sache veraltet ist und ausser Frage steht.

Fig. 1.



Zu diesem Zwecke nehmen wir als Fundamentalflächen p_1, p_2, p_3 an (stereographische Projection in Fig. 1), welche unter sich symmetrisch in Bezug auf die Axe A sind. Diese drei unter sich symmetrischen Flächen mögen beliebig gewählt werden.

1) Vic. de Souza-Brandão, Ueber die Rationalität einer dreizähligen Symmetrieaxe. Diese Zeitschr. 28, 249.

B. Hecht, Ueber den Beweis des Satzes von der Rationalität einer dreizähligen Symmetrieaxe. Neues Jahrb. f. Min. etc. 1895, 2, 248.

Die vierte Fläche des Krystalles sei e_0, deren Axenverhältnisse $a : b : c$ sind. Diese Verhältnisse sind dadurch bedingt, dass die zu e_0 und in Bezug auf die Axe A symmetrische Ebene e_1 ebenfalls mögliche Krystallfläche sei.

Die Indices von e_1 mögen h_1, h_2, h_3 heissen. Ihre Parameterverhältnisse werden offenbar $b : c : a$ sein, woraus man erhält:

$$h_1 : h_2 : h_3 = \frac{a}{b} : \frac{b}{c} : \frac{c}{a},$$

oder anders geschrieben:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{ac}{b^2}, \quad \frac{h_2}{h_3} = \frac{ba}{c^2}, \quad \frac{h_3}{h_1} = \frac{cb}{a^2}.$$

Aus diesen Beziehungen geht hervor, dass die Verhältnisse $\frac{a}{b}$, $\frac{b}{c}$, $\frac{c}{a}$ irrational sein dürfen, aber der Art, dass die Verhältnisse

$$\frac{ac}{b^2}, \quad \frac{ba}{c^2}, \quad \frac{cb}{a^2}$$

rational seien.

Bezeichnen wir also mit n_1, n_2, n_3 drei beliebige rationale Zahlen, und mit z eine im Allgemeinen irrationale Zahl, so sieht man, dass, um dem Verlangten Genüge zu leisten, man Folgendes setzen muss:

$$\frac{a}{b} = n_1 z, \quad \frac{b}{c} = n_2 z, \quad \frac{c}{a} = n_3 z.$$

Das Product dieser drei Gleichungen ist

$$1 = n_1 n_2 n_3 \cdot z^3,$$

woraus hervorgeht

$$z = \sqrt[3]{\frac{1}{n_1 n_2 n_3}}.$$

Wir ersehen daraus, dass zur Existenz einer dreizähligen Axe die Axenverhältnisse der Einheitsfläche auch irrational sein dürfen, aber so, wie die folgenden Beziehungen andeuten:

$$\frac{a}{b} = \sqrt[3]{\frac{n_1^2}{n_2 n_3}}, \quad \frac{b}{c} = \sqrt[3]{\frac{n_2^2}{n_3 n_1}}, \quad \frac{c}{a} = \sqrt[3]{\frac{n_3^2}{n_1 n_2}},$$

worin n_1, n_2, n_3 ganz beliebige rationale Zahlen sind.

Es ist überflüssig, weiter darzulegen, dass e_2 ebenfalls eine mögliche Krystallfläche ist, wenn die obigen Bedingungen erfüllt sind.

Die Indices von e_1 werden sich wie $n_1 : n_2 : n_3$, und diejenigen von e_2 wie $n_1 n_2 : n_2 n_3 : n_3 n_1$ verhalten.

Nehmen wir als Beispiel an:

$$n_1 = 1, \quad n_2 = 2, \quad n_3 = 3,$$

so folgt:

$$a : b : c = \sqrt[3]{2} : \sqrt[3]{12} : \sqrt[3]{9},$$

und die Indices sind

$$\text{von} \quad e_0 = (111)$$
$$e_1 = (123)$$
$$e_2 = (263)$$

Wenn damit bewiesen ist, dass A eine dreizählige Symmetrieaxe ist, sowohl für die Flächen p_1, p_2, p_3, als auch für die Flächen e_0, e_1, e_2, so ist damit auch bewiesen, dass dieselbe eine dreizählige Symmetrieaxe ist für alle gleichwerthigen Flächen des Krystalles.

Wir gehen nun zum zweiten Theile der Aufgabe über.

Wenn die dreizählige Symmetrieaxe mögliche Krystallkante sein soll, so muss auch die auf derselben senkrechte Ebene eine mögliche Krystallfläche sein. Die Parameterverhältnisse einer solchen Ebene sind aber $1 : 1 : 1$, und wenn man mit s_1, s_2, s_3 ihre Indices bezeichnet, so werden wir haben:

$$s_1 : s_2 : s_3 = a : b : c .$$

Aus dieser Beziehung ist ersichtlich, dass die Rationalität der dreizähligen Symmetrieaxe von der Rationalität der Axenverhältnisse der Einheitsfläche $a : b : c$ abhängt, und da diese auch irrational sein dürfen, so schliesst Herr Prof. Hecht daraus, dass es auch irrationale dreizählige Symmetrieaxen geben könne. Der Schluss ist allerdings richtig, wenn man ein leeres Polyëder betrachtet. Wird aber dasselbe als ein mit homogener Materie ausgefülltes Polyëder angesehen, so ist offenbar der Schluss falsch.

Die Streitfrage ist eigentlich folgende:

Kann ein einfaches, mit einer dreizähligen Symmetrieaxe versehenes Polyëder, das dem krystallographisch-geometrischen Grundgesetze folgt, und worin die Axenverhältnisse $a : b : c$ irrational sind, ein Krystall sein?

Herr Prof. Hecht behauptet, dass eine solche Aufgabe nicht geometrisch lösbar sei.

Mit dem Eingeständniss, dass ein in Frage stehendes Polyëder, worin $a : b : c$ nicht rational sind, keine homogene Materie enthalten kann, nimmt Herr Prof. Hecht das Fedorow'sche Gesetz in seiner ganzen Allgemeinheit an. Diese Ansicht von Hecht[1]) kann, wenn ich richtig verstanden habe, in folgende Form umgesetzt werden:

Es giebt einfache Polyëder, deren Flächen und Kanten dem Gesetze der

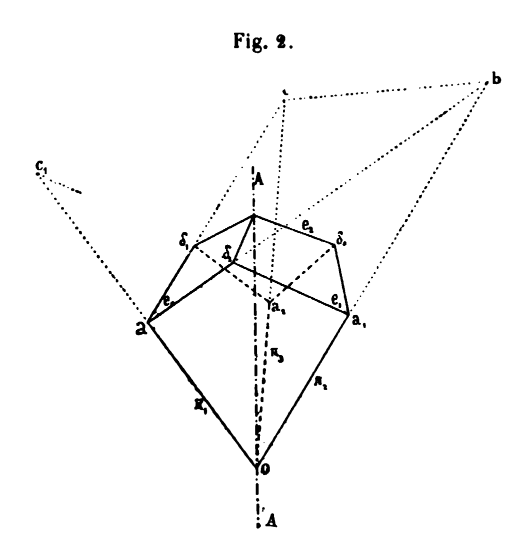
1) l. c.

Zonen unterworfen sind, trotzdem sie keine homogen vertheilte Materie enthalten können; oder anders ausgesprochen: das Gesetz der physikalischen Homogenität ist enger begrenzt, als das geometrische Grundgesetz der Krystalle.

Wenn man an die Structurtheorie von Bravais, von Wiener-Sohncke-Schoenflies oder andere Structurtheorien denkt, kann unmöglich die Ansicht von Hecht aufrecht erhalten bleiben. Man muss deshalb der sogenannten dreizähligen irrationalen Symmetrieaxe eine andere, wahrscheinlichere Bedeutung zuschreiben, als eben dieser Gelehrte ihr gegeben hat. Und ich gehe jetzt zu dieser wichtigen Betrachtung über.

Construiren wir ein dem Gesetze der Zonen Genüge leistendes Polyëder, welches eine dreizählige Symmetrieaxe AA besitzt, und stellen wir es in schiefer Projection in der Fig. 2 dar; a, b, c sind die Fundamentalkanten, und eine (z. B. e_0) der unter sich und mit Bezug auf die Axe AA symmetrischen Flächen e_0, e_1, e_2 sei die Einheitsfläche, deren Axenverhältnisse $a:b:c$ sind. Wie kann nun in einem solchen Polyëder in den beiden Fällen, dass $a:b:c$ rational, oder dass sie irrational seien, die Materie homogen vertheilt sein?

Fig. 2.



Da p_1, p_2, p_3 und e_0 mögliche Krystallflächen sind, werden wir ein Raumgitter nach der Bravais'schen Theorie in dem Flächenwinkel, dessen Kante π_1 ist, mit Hilfe der Verhältnisse $\frac{a}{b}$ und $\frac{b}{c}$ construiren können. Eine solche Construction können wir auch in den Flächenwinkeln, deren Kanten π_2 und π_3 sind, anbringen.

Diese drei Raumgitter werden längs der Axe AA zusammenstossen. Die beiden um die Kanten π_1 und π_2 ausgeführten Raumgitter werden längs einer Fläche zusammenstossen, welche wir beliebig annehmen können; sie sei beispielsweise $\delta_2 A O$, Fig. 2.

Um diese zwei Raumgitter besser vor Augen zu haben, stellen wir in der Zeichnung Fig. 3 nur die auf die Fläche $a O a_1$ fallenden Raumgitter dar.

Das von der Kante π_1 ausgehende Ebenengitter ist durch das Ver-

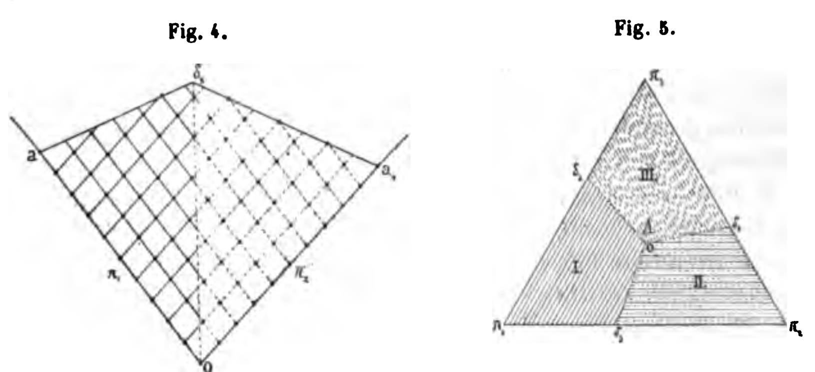
hältniss $\frac{a}{b}$ oder ein Vielfaches davon, und dasjenige, das von π_2 ausgeht, durch das Verhältniss $\frac{a}{c}$ oder ein Vielfaches davon entstanden; die Gerade, in welcher diese beiden Ebenengitter zusammenstossen, sei beispielsweise $\delta_2'O$, Fig. 3.

Wenn die beiden Verhältnisse $\frac{a}{b}$ und $\frac{a}{c}$ irrational sind, kann kein, weder dem einen noch dem anderen Ebenengitter angehörender, homologer Punkt auf die Gerade $\delta_2'O$ fallen, da diese letztere keine mögliche Krystallkante ist. Und das Ebenengitter links von der Linie $\delta_2'O$ geht sprungweise in das Ebenengitter rechts von derselben über (wie in der Fig. 3 selbst dargestellt ist), da die beiden Verhältnisse $\frac{a}{b}$ und $\frac{a}{c}$ weder gleich noch rational sind.

Fig. 3.

Wenn dagegen die beiden Verhältnisse $\frac{a}{b}$ und $\frac{a}{c}$ rational sind, so werden die beiden Ebenengitter genau gleich sein und längs keiner Linie irgend eine Unstetigkeit zeigen, wie in der Fig. 4 dargestellt ist.

Fig. 4. Fig. 5.



Die Unstetigkeit der beiden Ebenengitter, welche auf der Fläche p_2 zum Vorschein kommt, wenn $a : b : c$ irrational sind, muss ebenfalls auf den beiden anderen Flächen p_1 und p_3 vorkommen, und so auch auf allen

anderen, unter sich symmetrischen Flächen. Man muss also auch annehmen, dass die um die drei Kanten π_1, π_2, π_3 gebildeten Bravais'schen Raumgitter ebenfalls sprungweise in einander übergehen.

Man sieht also, dass bei der Annahme der Bravais'schen Structurtheorie die Materie in einem Polyëder, in welchem die dreizählige Axe irrational ist, zwar homogen, aber stellenweise unstetig (und zwar drei Mal in einem Umkreise) ist, wie die Fig. 5 schematisch angiebt.

Die Unstetigkeit der Homogenität kann dagegen nicht vorhanden sein, wenn die Verhältnisse $a:b:c$ rational sind, wovon man sich leicht überzeugen kann.

Zu demselben Schlusse muss man gelangen, auch wenn man anstatt der Bravais'schen irgend welche Structurtheorie zu Hilfe nimmt.

Wir sehen daher, dass, wenn $a:b:c$ irrational sind, das in der Fig. 2 dargestellte Polyëder eigentlich aus drei Polyëdern zusammengesetzt ist, in deren jedem die Materie homogen vertheilt gedacht werden kann; dass aber die Homogenität sprungweise von dem einen zu dem anderen Polyëder wechselt.

Das in der Fig. 2 dargestellte Polyëder ist, für den Fall, dass $a:b:c$ irrational sind, kein einfacher Krystall, sondern ein Drilling, und die Gerade AA ist keine dreizählige Symmetrieaxe, sondern eine Zwillings- oder vielmehr eine Drillingsaxe.

Wir sind somit am Schlusse unserer Aufgabe angekommen, welche wir in Folgendem zusammenfassen können:

1) Wenn eine dreizählige Symmetrieaxe vorhanden ist, so sind die Axenverhältnisse $a:b:c$ immer rational, und die dreizählige Symmetrieaxe stets eine mögliche Krystallkante.

2) Wenn die Axenverhältnisse $a:b:c$ irrational sind, so liegt kein einfacher Krystall vor, aber immerhin ein Krystall, und zwar ein Drilling, wobei die scheinbare Symmetrieaxe eigentlich Zwillingsaxe ist.

3) Das geometrisch-krystallographische Grundgesetz ist mit demjenigen der Homogenität der Materie identisch.

4) Der Beweis der Rationalität einer dreizähligen Symmetrieaxe ist ausschliesslich geometrisch; nur um eine Symmetrieaxe von einer Zwillingsaxe zu unterscheiden, muss man die physikalischen Eigenschaften eines Krystalles zu Hilfe nehmen, was eigentlich von selbst klar ist und oft in der Krystallographie vorkommt.

Zusatz.

Als dieser Aufsatz bereits an die Redaction abgegeben worden war, bekam ich die kleine Notiz von V. v. Lang über dasselbe Problem zu lesen; daher dürfte es angezeigt sein, Folgendes noch hinzuzufügen:

Ich habe oben die Rationalität der trigonalen Symmetrieaxe nachgewiesen und zugleich dargelegt, was überhaupt mit dem geometrischen Nachweise bei einer solchen Aufgabe erreicht werden kann. Darin wird hervorgehoben, dass die Auffassungsweise Hecht's nicht annehmbar ist, dass dagegen das Fedorow'sche Gesetz in seiner Allgemeinheit angenommen werden muss. Ist eine trigonale Axe nicht rational, so liegt keine Symmetrie-, sondern eine Drillingsaxe vor, was erwähnt werden muss, wenn das hier behandelte Problem vollständig erledigt werden soll.

Somit glaube ich, dass die Bemerkungen von Prof. v. Lang bezüglich des streitigen Punktes der Erledigung desselben nicht in genügender Weise dienen.

XVI. Ueber optisches Drehungsvermögen.

(Mittheilungen aus dem krystallographischen Laboratorium des »Central Technical College« in London, Nr. IX.)

Von

W. J. Pope in London.

(Mit 5 Textfiguren.)

Die Substanzen, welche die Eigenschaft haben, geradlinig polarisirtes Licht in circular polarisirtes zu verwandeln, können in passender Weise unter folgende drei Klassen eingereiht werden: 1) Körper, welche nur in amorphem oder structurlosem Zustande (d. h. gelöst, geschmolzen oder in Gas verwandelt) Circularpolarisation zeigen, 2) Körper, welche eine solche nur in krystallisirtem Zustande aufweisen und 3) Körper, welche die Polarisationsebene des Lichtes sowohl in amorphem als in krystallisirtem Zustande drehen.

Zu der Klasse 1 gehören die zahlreichen Substanzen, welche asymmetrische Kohlenstoffatome enthalten. Sie verdanken ihr Drehungsvermögen lediglich der Asymmetrie des chemischen Moleküls und verlieren es, sobald diese Moleküle in homogener symmetrischer Weise durch Krystallisation angeordnet werden, wobei aber die Asymmetrie des Moleküls häufig noch an der enantiomorphen Structur des Krystalls zu erkennen ist.

Klasse 2 besteht gegenwärtig nur aus etlichen 20 Substanzen. Ihre Glieder mögen passend noch in zwei Unterabtheilungen gebracht werden: a) solche, welche ihr Drehungsvermögen allein der Annahme einer mehr oder weniger complexen, zwillingsartigen, sog. pseudosymmetrischen Structur verdanken, b) solche, deren Circularpolarisation eine inhärente Eigenschaft ihrer Krystallstructur ist.

Die Glieder der Klasse 3, welche wir kennen, sind an Zahl sehr gering und theilen sich ebenfalls ein: a) in solche, welche ihr Drehungsvermögen im festen Zustande der Pseudosymmetrie verdanken, und b) in solche, deren Circularpolarisation im festen Zustande eine specifische Eigenschaft des

krystallisirten Körpers ist und nicht durch eine complexe lamellare Structur hervorgebracht wird. Von den verschiedenen Beispielen aus Klasse 3a ist das bestbekannte vielleicht das Strychninsulfat. Ein neuer Fall, nämlich der trans-Camphotricarbonsäure, wird unten beschrieben werden. Von Klasse 3b sind nur einige wenige Glieder mit einiger Sicherheit bekannt: Maticocampher (H. Traube, diese Zeitschr. 1894, **22**, 47), das Rubidiumsalz der *d*- und *l*-Weinsäure (Wyrouboff, Journ. de phys. 1894, (3) **3**, 451. Ref. am Schlusse dieses Heftes) und einige andere Substanzen (H. Traube, Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1895, **10**, 195) sind in amorphem wie krystallisirtem Zustande optisch activ, und die Circularpolarisation scheint nicht durch Pseudosymmetrie veranlasst. Ein anderes Beispiel dieser wenig bekannten, wenn auch sehr wichtigen Klasse soll hier beschrieben werden, nämlich dasjenige der cis-π-Camphansäure. Maticocampher und cis-π-Camphansäure sind beide in amorphem wie in krystallisirtem Zustande linksdrehend, sodass also ihr specifisches Drehungsvermögen unter diesen beiden verschiedenen physikalischen Bedingungen denselben Sinn besitzt. Das rechtsweinsaure Rubidium hingegen ist in den Krystallen linksdrehend und in amorphem oder structurlosem Zustande rechtsdrehend, sodass bei diesen Substanzen der Sinn der Drehung in den beiden Aggregatzuständen verschieden ist.

Die Frage der Uebereinstimmung im Sinne der specifischen Drehung zwischen Krystall und amorpher Substanz ist von einer grossen Wichtigkeit, und zwar in Bezug auf den vielbesprochenen Punkt des Verschwindens der Circularpolarisation bei den Krystallen einer optisch activen Substanz aus der Klasse 1, und dann auch in Bezug auf die Möglichkeit, dass in Substanzen aus Klasse 3b die Circularpolarisation in amorphem wie krystallisirtem Zustande durch ein und dieselbe Ursache bedingt sei, d. h. durch die Asymmetrie des chemischen Moleküls. Wenn diese letztere Möglichkeit verwirklicht sein soll, so muss doch offenbar eine Erklärung dafür sich finden lassen, warum das Drehungsvermögen des Rubidiumtartrats in den beiden physikalischen Zuständen ein entgegengesetztes ist. Die Erklärung dieser scheinbaren Anomalie, welche vor Kurzem Liebisch (Grundriss der phys. Krystallographie 1896, 428) gegeben hat, nämlich, dass der Gegensatz des Zeichens durch die Dissociation, welche in wässeriger Lösung stattgefunden hätte, verursacht sei, würde annehmbar sein, wenn wir nicht eben eine genaue Kenntniss der elektrischen Leitungsfähigkeit und des Drehungsvermögens wässeriger Lösungen von Rubidiumtartrat zwischen weiten Concentrationsgrenzen hätten. E. Rimbach (Zeitschr. f. phys. Chemie 1895, **16**, 671) hat durch polarimetrische Bestimmungen und solche der elektrischen Leitungsfähigkeit, welche er mit solchen Lösungen vornahm, gezeigt, dass das nicht dissociirte Rubidiumtartrat das spec. Drehungsvermögen $[\alpha]_D = + 25{,}63^0$ besitzt, während das Drehungsvermögen

des ganz dissociirten Salzes $[\alpha]_D = +19{,}51^0$ ist. Wäre die scheinbare Anomalie auf Grund der Hypothese von der elektrischen Dissociation zu erklären, so müsste offenbar das krystallisirte rechtsweinsaure Rubidium ein um so grösseres positives spec. Drehungsvermögen als seine wässerige Lösung besitzen, anstatt dass die Krystalle des Rubidiumtartrats eine negative spec. Rotation von $[\alpha]_D = -10{,}7^0$ zeigten.

Fast alle bekannten Beispiele der Klassen 2b und 3b sind eingehend von Wyrouboff (l. c.) untersucht worden, dessen sorgfältige Arbeiten zur Versetzung mancher Glieder dieser Klassen in 2a resp. 3a geführt haben. Indessen ist es schwierig, die gesammten Schlussfolgerungen Wyrouboff's anzunehmen. Er scheint zu glauben, dass die Klassen 2b und 3b nicht existiren, dass vielmehr jede Circularpolarisation im krystallisirten Zustande auf einer complicirten lamellaren Zusammensetzung beruhe. Es soll hier gezeigt werden, dass eine gründliche Prüfung der Krystalle der cis-π-Camphansäure kein Anzeichen von Zwillingsstructur hat erkennen lassen, so dass dieser Körper wenigstens für jetzt als ein echter Vertreter der Klasse 3b anzusehen ist.

Cis-π-Camphansäure, $C_9H_{13}O_2COOH$.

Dargestellt von Kipping (Journ. Chem. Soc. 1896, 943).

Diese Säure hat neuerdings Dr. F. S. Kipping dargestellt; ihr grosses krystallographisches Interesse erkennend, war er so freundlich, beträchtliche Mühe auf die Herstellung grosser und gut ausgebildeter Krystalle zu verwenden, um dieselben dann mir zur Untersuchung zu überlassen. Die Krystalle, erhalten durch freiwillige Verdunstung der aus einer Mischung von Alkohol und Chloroform bestehenden Lösung, bilden hexagonale Prismen mit der Basis $c\{0001\}$, der Pyramide $o\{10\bar{1}1\}$ und einer zweiten Pyramide $m\{h0\bar{k}l\}$. Sie können bis zu 3—5 mm Länge und 2 mm Dicke erhalten werden (s. Fig. 1). Die Formen $c\{0001\}$ und $m\{h0\bar{k}l\}$ sind gewöhnlich vorherrschend. Die Basisflächen geben nur mittelmässige Reflexe, aber die von $m\{h0\bar{k}l\}$ gelieferten Bilder pflegen sehr gut zu sein. Die Flächen der Pyramide $o\{10\bar{1}1\}$ sind im Allgemeinen klein aber glänzend. Die Krystalle sind hemimorph, da die Formen $o\{10\bar{1}1\}$ und $m\{h0\bar{k}l\}$ nur an dem einen Ende vorhanden sind. Wenn man die Krystalle erhitzt, darauf rasch durch die Flamme einer Spirituslampe zieht, um von der Oberfläche die Elektricität wegzunehmen, und dann während der Abkühlung mit dem gemengten Pulver von Mennige und Schwefel nach Kundt's Methode bestäubt, so haftet die elektrisch positive Mennige an dem Ende, an welchem die Form $\{o10\bar{1}1\}$ auftritt, während der negative Schwefel vom anderen Ende angezogen wird. Der erstere Pol ist daher der negative, der letztere der posi-

Fig. 1.

tive. Die optische Axe ist folglich zugleich eine pyroëlektrische, deren antiloger Pol an dem Ende liegt, welches die Form der Pyramide $o\{10\bar{1}1\}$ zeigt, und deren analoger sich am stumpfen Krystallende befindet. Nach Feststellung dieser Thatsache wurden zahlreiche Versuche gemacht, um zu dem Nachweise zu gelangen, ob, wie beim Quarz, die horizontalen Axen der hexagonalen Symmetrie ebenfalls pyroëlektrische wären. Aber keinerlei Trennung der Pulvertheilchen auf einzelnen Theilen der Basisfläche konnte beobachtet werden. Indessen muss bemerkt werden, dass dieses Resultat einen rein negativen Charakter besitzt. Da nämlich die horizontalen und die verticalen Axen krystallographisch verschieden sind, kann es recht gut vorkommen, dass zwar eine Polarität in den horizontalen Axen vorhanden, aber, obwohl die pyroëlektrischen Eigenschaften der Verticalaxe genügend stark ausgeprägt sind, um noch einen leichten Nachweis zu gestatten, dennoch so schwach ist, dass sie bei der angewandten Methode der Beobachtung entgeht.

Bei der orthoskopischen Untersuchung der Krystalle in der Richtung der Hauptaxe zeigt es sich, dass sie nicht auslöschen, sondern beim Drehen zwischen gekreuzten Nicols hell bleiben. Die konoskopische Untersuchung von Krystallen, welche weniger als 1 mm lang sind, zeigt optische Axenbilder mit schwacher positiver Doppelbrechung. Krystalle von einigen Millimetern Länge zeigen sich deutlich circularpolarisirend, indem das schwarze Kreuz im Centrum des Gesichtsfeldes fast ganz verschwindet, wenn der Strahl eine beträchtliche Länge des Krystalls durchdringt. Bei der Drehung des Analysators konnte nachgewiesen werden, dass eine linksdrehende Substanz vorlag. Zu demselben Resultate gelangte man mit Sicherheit, wenn man einen Kunstgriff anwendete, welcher anscheinend noch nicht beschrieben worden ist. Dieser besteht in der Benutzung einiger Paare von Platten aus *d*- und *l*-Quarz von verschiedener Dicke und senkrecht zur optischen Axe geschnitten. Man betrachte den zu untersuchenden Krystall im Konoskop bei der schwächsten Vergrösserung, welche das Interferenzbild noch deutlich zeigt, und benutze die eine oder die andere Quarzplatte an Stelle eines Deckglases. Auf diese Art kann schliesslich ein Paar von gleich dicken Quarzplatten gefunden werden, so dass, wenn man den Krystall auf eine derselben legt, nur eine verworrene Interferenzfigur sichtbar ist, während, wenn man den Krystall auf die entgegengesetzt drehende Quarzplatte legt, die charakteristischen Airy'schen Spiralen deutlich gesehen werden. Die letztere Quarzplatte muss die entgegengesetzte Drehung in Bezug auf den Krystall haben. Diese Methode bietet eine viel sicherere Bestimmung des Zeichens der Circularpolarisation einer dünnen Krystallplatte, als die gewöhnliche mittels Drehens eines Nicols gegen den anderen. Der Verfasser hofft bald in der Lage zu sein, das gleiche Princip auch auf approximative Messung der specifischen Drehung einaxiger Krystalle

anzuwenden, welche gegenwärtig bei sehr kleinen Krystallen unmöglich ist.

Alle hexagonalen oder trigonalen Krystalle, die Circularpolarisation zeigen, gehören in eine der folgenden vier Klassen nach Groth's Klassification (Physik. Krystallographie 1895, 330):

16. Trigonal-pyramidale Klasse.
18. Trigonal-trapezoëdrische Klasse.
23. Hexagonal-pyramidale Klasse.
24. Hexagonal-trapezoëdrische Klasse.

Die verticale Hauptaxe ist nur bei den Krystallen der Klassen 16 und 23 eine pyroëlektrische. Folglich muss die cis-π-Camphansäure in einem dieser beiden Systeme krystallisiren. In der trigonal-pyramidalen Klasse sind auch die horizontalen Axen pyroëlektrisch. Da nun aber in diesen Richtungen keine elektrische Polarität gefunden werden konnte, und da ferner die sechs Flächen der Formen $o\{10\bar{1}1\}$ und $m\{h0\bar{k}l\}$ vollkommen übereinstimmend in ihrem krystallographischen Charakter sind, so muss der Schluss gezogen werden, dass die Krystalle zur hexagonal-pyramidalen Klasse gehören.

Dieser Schluss hat sich bestätigt durch die Prüfung der Aetzfiguren, welche durch Alkalien oder Essigsäure auf den Krystallflächen hervorgerufen wurden. Es ergaben sich nämlich auf den Flächen (0001) und (000$\bar{1}$) regelmässige hexagonale Figuren und auf den Flächen von $m\{h0\bar{k}l\}$ Corrosionslinien senkrecht zur Hauptaxe, so dass also der erwähnte Mangel einer Polarität in den secundären Axen und die Gleichwerthigkeit aller Flächen der beiden pyramidalen Formen, welche durch ihre symmetrische Entwickelung angedeutet war, bestätigt wurde. Die Bestimmung der Krystallklasse ist demnach eine recht befriedigende.

Ein Blick auf folgende Tabelle der gemessenen Winkel zeigt, dass der Winkel (000$\bar{1}$):m nur zwischen 90° 10′ und 90° 22′ variirt und im Mittel von 15 Ablesungen einen Werth von 90° 16′ besitzt. Derselbe kann deshalb als bis auf wenige Minuten genau angesehen werden. Wenn die Form $m\{h0\bar{k}l\}$ die Indices $\{10\bar{1}0\}$ hätte, so würde der Winkel (000$\bar{1}$):m durch die Symmetrie zu 90° bestimmt sein. Es ist daher die Form m offenbar eine sehr spitze Pyramide, welche wie $o\{10\bar{1}1\}$, entsprechend der Hemimorphie, nur an dem analogen Pol entwickelt ist. Die für m aus dem Winkel $c:m$ berechneten Indices sind $\{440.0.\overline{440}.1\}$; aber es ist selbstverständlich unmöglich, ganz genaue Indices für eine solche Form aufzustellen.

Hexagonal-pyramidales Krystallsystem.

$$a:c = 1:1{,}7691.$$

Gefundene Formen: $c = \{0001\}$, $c' = \{000\bar{1}\}$, $o = \{10\bar{1}1\}$, $m = \{440.0.\overline{440}.1\}$.

Winkel:	Zahl der Beobacht.:	Grenzwerthe:	Mittel:	Berechnete Winkel:
$co = (0001):(10\bar{1}1)$	16	63° 41′— 64° 15′	63° 55′	—
$om = \begin{cases}(10\bar{1}1):(10\bar{1}0)\\(10\bar{1}1):(h0\bar{k}l)\end{cases}$	14	25 28 — 26 7	25 48	$\begin{cases}26^\circ\ 5'\\25\ 49\end{cases}$
$oo = (10\bar{1}1):(\bar{1}011)$	8	127 41 —128 10	127 55	127 50
$oo = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$	5	53 9 — 53 24	53 16	53 22
$om = (10\bar{1}1):(01\bar{1}0)$	4	63 1 — 63 26	63 16	63 19
$cm = \begin{cases}(000\bar{1}):(10\bar{1}0)\\(000\bar{1}):(h0\bar{k}l)\end{cases}$	15	90 10 — 90 22	90 16	$\begin{cases}90\ 0\\90\ 16\end{cases}$

Die kleinen Krystalle, welche sich beim raschen Abkühlen der heissen Lösung absetzen, sind äusserst dünne, breite, hexagonale Tafeln, welche durchaus einfache Lichtbrechung in der Richtung der Hauptaxe zeigen. In diesen sehr dünnen Tafeln kann man natürlich Circularpolarisation nicht wahrnehmen. Weder an den dünnen noch an den dicken Krystallen ist irgend eine Spur von Zwillingsstructur bemerkbar. Die Auslöschung findet ebenso niemals stellenweise, sondern stets in Uebereinstimmung mit dem hexagonalen Charakter der Krystalle statt. Die Möglichkeit, dass die Circularpolarisation, wie im Falle der Reusch'schen Glimmercombination oder des Strychninsulfats, durch lamellare Structur hervorgerufen sei, ist demnach hier ausgeschlossen.

Fällt man die Säure aus ihrer Lösung in Soda mit Salzsäure, so setzt sie sich in mikroskopischen Platten von pentagonalem Umrisse (s. Fig. 2) ab. Die Auslöschung findet parallel zu den beiden langen Parallelseiten statt und halbirt den spitzen Winkel, welcher ungefähr 60°—65° beträgt. Diese Krystalle sind offenbar mit den oben gemessenen in der Form identisch; die grosse vorherrschende Fläche ist eine solche der Form $m\{h0\bar{k}\bar{l}\}$ oder $\{10\bar{1}0\}$, und die Krystalle sind in der gewöhnliche Weise hemimorph ausgebildet.

Fig. 2.

Nach dem Schmelzen der Säure auf dem Objectglase unter einem Deckgläschen erstarrt sie rasch zu einer unregelmässigen, verworrenen Masse, welche Aggregatpolarisation zeigt.

Der Sinn der Drehung wurde an einer grossen Zahl von Krystallen der cis-π-Camphansäure nach der oben beschriebenen Methode bestimmt und bei allen gleich, nämlich linksdrehend, gefunden. Diese Substanz krystallisirt daher immer in einer von den beiden enantiomorphen Formen, welche im hexagonal-pyramidalen System möglich sind, nämlich der linksdrehenden, während die rechtsdrehende niemals beobachtet werden konnte. Es ist daher dieser Fall wesentlich verschieden von dem einer Substanz wie Natriumchlorat, welches in Lösung optisch inactiv, bei der Krystallisation in rechts- wie in linksdrehenden Formen nach Belieben erhalten werden

kann. Die Hauptursache der stets beobachteten Linksdrehung bei der cis-π-Camphansäure ist folglich in der asymmetrischen Structur des chemischen Moleküls zu suchen. Wyrouboff, dem wir sehr wichtige Arbeiten über die Krystallographie optisch activer Substanzen verdanken, schliesst: »que l'hémiédrie de la forme cristalline et le pouvoir rotatoire (der Lösung) sont deux phénomènes d'ordres différents, et n'ont entre eux aucun rapport constant et nécessaire« (Ann. Chim. Phys. [7] **1**, 16). Dieser Schluss ist gegründet auf die Beobachtung, dass man bei gewissen optisch activen Substanzen sowohl rechte als linke Krystalle erhalten kann, wenn man die Bedingungen variirt. An einem Beispiele kann am besten gezeigt werden, wie trügerisch dieses Argument ist: das sphenoidisch-hemiëdrisch-rhombische Camphersulfonsäurebromid, welches Kipping und Pope (diese Zeitschr. 1895, **25**, 240) beschrieben haben, kann in grossen Krystallen erhalten werden, die sowohl die Form $\varkappa\{111\}$, als auch $\varkappa\{1\bar{1}1\}$ aufweisen. Die letztere ist gewöhnlich im Vergleich mit ersterer sehr klein. Aber durch Aenderung der Bedingungen der Krystallisation können leicht beide Formen in derselben Grösse erhalten werden, ja es kann selbst die Form $\varkappa\{111\}$ manchmal kleiner als $\varkappa\{1\bar{1}1\}$ werden, sodass die Krystalle dann die enantiomorphe Form des *d*-Camphersulfonsäurebromids zu haben scheinen. Das Verhalten dieser Substanz ist daher ganz ähnlich den von Wyrouboff angeführten Fällen. Man kann jedoch nicht annehmen, dass die geringen möglichen Aenderungen in den Krystallisationsbedingungen einen Wechsel in der Krystallstructur verursachen, die allein in der äusseren Form ihren Ausdruck findet. Die Krystallstructur und die Hemiëdrie der Form bewahren die Asymmetrie, welche von der Asymmetrie des chemischen Moleküls herrührt. Die äussere Form aber, welche durch die Krystallstructur und die Bedingungen während der Krystallisation gleichzeitig beeinflusst wird, kann sich ändern, wenn letztere variiren. Krystallisirt man zwei optische Antipoden unter identischen Verhältnissen, so dass der einzige differirende Factor die Krystallstructur ist, so resultiren zwei Arten von Krystallen, welche, im Habitus identisch, vorausgesetzt, dass das Krystallsystem des Enantiomorphismus fähig ist, aus rechten resp. linken Individuen bestehen werden, wie im Fall des Sobrerols (Miers und Pope, diese Zeitschr. 1892, **20**, 321).

Offenbar können störende Factoren, wie ein Wechsel der Bedingungen während der Krystallisation, eliminirt werden, wenn, in einem einzelnen Falle, es möglich ist, zur Charakterisirung der hemiëdrischen Structurform irgend eine polare physikalische Eigenschaft zu benutzen, z. B. die Circularpolarisation im festen Zustande, welche ganz allein durch die hemiëdrische Krystallstructur bestimmt wird. Der Fall der cis-π-Camphansäure ist einer von den wenigen, in welchen die Circularpolarisation auf diese Weise angewendet werden kann, und da erfahrungsgemäss die Krystalle stets links-

drehend sind, ist dies ein constanter Ausdruck übereinstimmend hemiëdrischer Krystallstructur, der nicht durch Variation in den Bedingungen maskirt werden kann. In diesem Falle hat sich also gezeigt, dass eine specifische Beziehung besteht zwischen der Hemiëdrie der Krystalle einerseits, deren Existenz bewiesen ist durch Circularpolarisation, Pyroëlektricität und geometrische Entwickelung der Krystalle, und der Circularpolarisation der Lösung andererseits. Vor diesem Beispiel, einem der wenigen, bei denen ein absolutes Kriterium möglich ist, hält Wyrouboff's Schluss nicht stand.

Dasselbe würde auch gelten, wenn die Krystalle ihre Circularpolarisation der Pseudosymmetrie verdankten; denn es könnte sich dann, ausser wenn die Krystallstructur eine hemiëdrische wäre, kein Grund für einen constanten Sinn in der Drehung der Lamellen, welche der Circularpolarisation einen ebensolchen Sinn verleiht, finden lassen.

Trans-Camphotricarbonsäure, $C_{10}H_{14}O_6$.

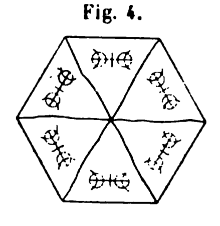
Dargestellt von Kipping (Journ. Chem. Soc. 1896, 951).

Dr. Kipping erhielt von dieser Säure sehr schöne, wasserhaltige Krystalle, die er mir zur krystallographischen Untersuchung übergab. Es sind farblose, durchsichtige Platten von hexagonalem Umrisse (s. Fig. 3), die man leicht im Durchmesser bis zu 1 cm und in der Dicke bis zu ½ cm erhalten kann. Sie besitzen einen lebhaften Glanz und schwache Doppelbrechung. Die Form $c\{001\}$ ist mässig eben und giebt Reflexe von mittlerer Güte am Goniometer, während das schmälere Doma $q\{011\}$ nicht so gut entwickelt ist und nur schwache Reflexe liefert. Die Form $c\{001\}$ ist nach ihren sechs Seiten schwach gestreift. Parallel mit $c\{001\}$ findet sich vollkommene Spaltbarkeit. Die Krystalle haben alle geometrischen Eigenschaften von holoëdrisch-hexagonalen, und die goniometrische Untersuchung würde dazu führen, sie als hexagonale anzusehen. Untersucht man sie jedoch orthoskopisch zwischen gekreuzten Nicols durch die Basisflächen, so bemerkt man, dass sie bei der Drehung der Nicols nicht regelmässig auslöschen, ausgenommen im Centrum der Platte. Die Krystalle zeigen vielmehr eine Theilung in sechs dreieckige Sectoren (Fig. 4), von denen jeder unter 60° gegen seinen Nachbar auslöscht. Es existiren demnach drei Auslöschungsrichtungen parallel zu den Seiten des Hexagons, welche miteinander 60° bilden. Die konoskopische Untersuchung zeigt, dass jeder Sector zweiaxig ist mit einer Ebene der optischen Axen parallel den angrenzenden Seiten des Hexagons. Der optische Axenwinkel ist sehr klein und die Doppelbrechung positiv. Diese Inte

Fig. 3.

c q q q q q q

Fig. 4.

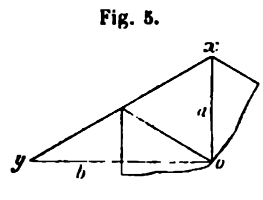


ferenzfiguren sind nur nahe den Kanten des Krystalles scharf sichtl und man nimmt gegen die Mitte der Platte hin eine gewisse Partie w welche beim Drehen zwischen gekreuzten Nicols stets hell bleibt und axig mit negativer Doppelbrechung ist. Das schwarze Kreuz der einaxi Interferenzfigur verschwindet meist im Centrum, so dass die Substanz cularpolarisirend ist.

Die einzig mögliche Erklärung dieses anomalen Verhältnisses ist, die Krystalle in Wirklichkeit mimetische Zwillinge nach {110} von rh bischen Krystallen sind, welche aus den Formen $c\{001\}$ und $q\{011\}$ stehen, wobei die Zwillinge hexagonale Symmetrie nachahmen. Die c-. ist die erste Mittellinie, die Ebene der optischen Axen ist {010}, und Axenwinkel sehr klein. Nahe den Kanten der Krystalle kann diese zv axige Interferenzfigur immer gesehen werden, aber in der Mitte des Fel wo die sechs Sectoren sich vereinigen, greifen dieselben theilweise ül einander. Hierbei bilden die optischen Axenebenen mit einander Wir von 60°. Infolgedessen wird in diesem Theile Circularpolarisation beobach

Bekanntlich wurde die Circularpolarisation künstlich von Reusch zeugt durch Uebereinanderschichten zweiaxiger Spaltungslamellen Glimmer, deren jede gegen die vorige um 60° gedreht wurde. Diese kü lich hergestellten Bedingungen sind nun vollkommen denjenigen ähnl welche die trans-Camphotricarbonsäure bei der Krystallisation auf nat lichem Wege erfüllt, mit der einzigen Ausnahme, dass sich nicht sic feststellen lässt, ob die Anordnung in dem constanten Sinne stattfindet, in den künstlichen Packeten von Glimmerplatten. Dieser neue Fall bi eine sehr schöne Nachahmung der circularpolarisirenden Glimmercombi tionen. Da die Krystalle rhombisch sind, und sich keine Form vorfin welche einen endlichen Abschnitt auf der a-Axe bildet, so möchte es möglich erscheinen, den Werth des Axenverhältnisses $a:b$ zu bestimm Indessen bedingt die Zwillingsbildung nach {110}, dass die {010}-Fläc zweier anliegender Theile des Zwillings ei Normalenwinkel von 60° mit einander bilden, dass die Längen der Axen a und b in dem V hältnisse der Abschnitte ox und oy auf den A in Fig, 5 stehen. Folglich

Fig. 5.



$$\frac{a}{b} = \text{tang } 30^0 = 0{,}57735.$$

Auf diese Weise kann das Verhältniss $a:b$ bestimmt werden, obwohl Zwillingsgrenzen keine geraden Linien sind, sondern mehr oder weni unregelmässig verlaufen, wie aus Fig. 4 hervorgeht. Offenbar kann Werth $a:b$ auch aus dem Winkel der Flächen {011} zweier anliegen Sectoren erhalten werden. Dieser Winkel wurde zu 57° 9′ gefunden

Mittel aus acht Beobachtungen, welche zwischen 57° 6′ und 57° 13′ liegen. Hieraus berechnet sich der Werth von $a : b$

$$\tang 29° 59′ 30″ = 0{,}57716,$$

eine Zahl, welche sehr gut mit obiger übereinstimmt.

Rhombisches Krystallsystem.

$$a : b : c = 0{,}5772 : 1 : 3{,}3017.$$

Gefundene Formen: $c\{001\}$, $q\{011\}$.

Winkel:	Zahl der Beobacht.:	Grenzwerthe:	Mittel:	Berechnete Winkel:
$cq = (001):(011)$	34	73° 4′— 73°19′	73° 7′	—
$cq = (00\bar{1}):(011)$	8	106 45 —107 2	106 55	106°53′
$qq = (011):(01\bar{1})$	19	33 37 — 33,59	33 48	33 46

Die Krystalle der trans-Camphotricarbonsäure, welche beim raschen Abkühlen einer heiss gesättigten wässerigen Lösung erhalten werden, sind sehr kleine, sechsseitige Tafeln, welche parallel einer Seite auslöschen und positive Doppelbrechung zeigen. Sie sind zu klein und dünn, um Interferenzbilder zu geben, scheinen aber nicht verzwillingt zu sein. Die Untersuchung dieser Krystalle bestätigt also den rhombischen Charakter der oben beschriebenen, und ohne Zweifel würden sie noch eine weitere Bestätigung obiger Bestimmung darbieten, wenn man sie in grösseren Dimensionen erhalten könnte.

XVII. Ueber Northupit, Pirssonit (ein neues Mineral), Gay-Lussit und Hanksit

vom Borax Lake, San Bernardino County, Californien.

Von

J. H. Pratt, New Haven, Conn.

(Mit 10 Textfiguren.)

Einleitung.

Die im Folgenden zu beschreibenden Mineralien stammen von der merkwürdigen Fundstätte des Borax Lake, San Bernardino County, Californien. Sie kamen im Jahre 1895 durch Hrn. Warren M. Foote aus Philadelphia, welcher eines derselben, den Northupit, zusammen mit einigen der Begleitmineralien zur chemischen Untersuchung an das mineralogische Laboratorium der »Sheffield Scientific School« sandte, dem Verf. zur Kenntniss. Ungefähr um dieselbe Zeit schickte Hr. C. H. Northup aus San José, Californien, einige Mineralien aus derselben Gegend an Prof. S. L. Penfield. Unter diesen konnte Gay-Lussit, Hanksit und ein drittes Mineral erkannt werden, das sich als ein neues erwies. Dieselben Mineralien liessen sich auch unter den von Hrn. Foote gesendeten Exemplaren erkennen. Hr. Northup gab in seinem Begleitschreiben an, dass er alle Krystalle des neuen Minerals sorgfältig gerettet habe, da er wahrnahm, dass sie im Habitus vom Gay-Lussit verschieden seien, und daher schon zur Ansicht gekommen sei, dass es sich um ein neues und interessantes Mineral handle.

Da sowohl Hr. Northup als auch Hr. Foote in der liberalsten Weise das Material für diese Untersuchung geliefert haben, und Ersterer dieselbe noch durch werthvolle Angaben über die Fundstätte und die Art des Vorkommens der Mineralien unterstützt hat, erlaubt sich der Verf. beiden Herren für ihr Entgegenkommen seinen wärmsten Dank auszudrücken.

Ausser der Untersuchung des Northupit und des neuen Minerals wurden auch einige interessante Daten über Hanksit und Gay-Lussit erhalten.

Vorkommen.

Die Gegend des Borax Lake wurde bereits von De Groot (Report State Mine of Cal. 1890, p. 534) und Hanks (Am. J. Sc. 1889, 37, 63) beschrieben, weshalb hier nur eine kurze Schilderung nöthig ist. Dieser Alkalisee, oder eigentlich Alkalimarsch, ist in der Nordwestecke von San Bernardino County gelegen, nahe der Inyo County-Linie und 72 Meilen von Mojave entfernt, dem Ausfuhrhafen des Districts. Der eigentliche Borax Lake ist ein kleines Becken, ungefähr anderthalb Meilen lang und eine Meile breit, durch einen schmalen Rücken von einem grösseren Becken getrennt, das, ungefähr zehn Meilen lang und fünf breit, unter den Namen »Dry Lake«, »Alkali Flat«, »Salt Bed« und »Borax Marsh« bekannt ist. Das Treffende dieser Namen ist ganz augenscheinlich; denn das Marsch ist in der That ein ausgetrockneter See, theilweise mit Salz, Borax, Alkali, Schlamm und vulkanischem Sand gefüllt. Während der nassen Jahreszeit sammelt sich etwas Wasser an, bleibt aber nur kurze Zeit und ist niemals über einen oder zwei Fuss tief, an den meisten Stellen nicht mehr als zwei oder drei Zoll. In dem kleineren Becken steht jedoch das Wasser beträchtlich längere Zeit. Das grössere Becken liegt nämlich etwas tiefer, als das andere, und der oben erwähnte Rücken verhindert die Wasser des kleineren Beckens in jenes abzufliessen.

Gegenwärtig ist der Borax das einzige Product unter den dortigen Mineralien, welches gewonnen wird, und zwar wird der meiste aus dem kleineren Becken und dem schmalen Rücken erhalten. Tinkal oder natürlicher Borax wurde in Krystallen bis zu einer Tiefe von 450 Fuss gefunden. Bis dahin sind die Untersuchungen mittels Bohrung gedrungen. Nach der Beschreibung Hrn. Northup's wird an der Oberfläche der höheren Theile des Lake »roher Borax« in einer Form gefunden, welche gebrannten Knochen gleicht. Unter diesem liegt eine andere, sehr harte Schicht verschiedener Salze, welche im Allgemeinen unberührt gelassen wird. Der rohe Borax wurde nur bis zu einer Tiefe von 2—3 Zoll gewonnen, obgleich die ursprüngliche Dicke viel grösser ist. In einem Zeitraume von vier Jahren bildet sich die obere Lage durch Efflorescenz des Borax von Neuem, indem die Lösung durch Capillarattraction aufdringt und dann durch Verdunsten die knochenähnliche Ablagerung zurücklässt. Der meiste Borax wird aus diesem rohen Material erhalten, obschon auch einiger durch Verdunsten der natürlichen Boraxlösung im Seewasser gewonnen wurde.

Die zu beschreibenden Mineralien wurden jenseits dieser Schicht bei der Untersuchung der darunterliegenden Formation gefunden. Hr. Northup hat sie bei der sorgfältigen Durchsuchung des durch die Bohrlöcher geförderten Materials gesammelt.

Die mit dem Borax associirten Mineralien dieser Gegend sin

Hanks (Am. J. Sc. 1889, **37**, 66. Ref. diese Zeitschr. **19**, 77): Schwefel, Gold, Silberhornerz, Embolit, Steinsalz, Anhydrit, Thenardit, Cölestin, Glauberit, Gyps, Calcit, Dolomit, Trona, Gay-Lussit, Soda, Hanksit, Colemanit, Tinkal, Salpeter (ausserdem Schwefelwasserstoff). Zu dieser Liste ist hinzuzufügen: Sulfohalit, Northupit und das in dieser Abhandlung zu beschreibende neue Mineral. Von den vorhergehenden wurde der Colemanit (Bull. Cal. Acad. No. 2, Jan. 1885 und diese Zeitschr. 1884, **10**, 179), Hanksit (Am. J. Sc. 1885, **30**, 133 u. 136; dann 1889, **37**, 63 [1]) und Sulfohalit (Am. J. Sc. 1888, **36**, 463 [2]) zuerst an dieser Localität entdeckt.

Northupit.

Eine vorläufige Beschreibung dieses Minerals wurde von Hrn. Warren M. Foote gegeben (Proceedings of the Acad. of Nat. Sc. Phil., Sept. 1895, und Am. J. Sc. 1895, **50**, 480). Nach den Angaben des Hrn. Northup wurde dasselbe nur in einem einzigen Bohrloche gefunden, welches die Bezeichnung »New Well« trägt, und stammt wahrscheinlich aus einer Thonschicht in ungefähr 450 Fuss Tiefe. Mit zwei Ausnahmen wurde der Northupit nur in isolirten Krystallen beobachtet. Hr. Foote besitzt nämlich ein einziges Exemplar, welches zwei Northupit-Oktaëder, aufgewachsen auf einem Krystall des neuen, weiterhin beschriebenen Minerals Pirssonit zeigt, und ein zweites ähnliches Exemplar befindet sich in der Sammlung von Brush.

Physikalische Eigenschaften.

Die Krystallform ist regulär, und die einzig beobachtete Form ist das Oktaëder. Die Krystalle variiren in der Grösse von weniger als einem Millimeter bis zu, aber selten, einem Centimeter im Durchmesser. Die Krystalle, die ausserordentlich spröde sind, zeigen keine deutliche Spaltbarkeit, sondern muschligen Bruch. Der Glanz der Bruchfläche ist entschiedener Glasglanz. Härte $3\frac{1}{2}$—4. Das specifische Gewicht wurde durch Schwebenlassen der Krystalle in Methylenjodid, verdünnt mit Methyljodid, bestimmt und ergab sich zu 2,380. Das reine Material ist farblos, aber infolge von Verunreinigungen variirt die Farbe der Krystalle, wie Foote schon angab, von Schmutzigweiss, Blassgelb und Grünlichgrau bis Dunkelbraun. Die Verunreinigungen sind wahrscheinlich Thon oder organische Substanzen, und bereits Foote wies auf ihre Anordnung in Richtungen parallel zu den Axenebenen des regulären Systems hin. Eine Zersetzung der Krystalle, wenn sie der Luft ausgesetzt sind, wurde nicht beobachtet.

1) S. diese Zeitschr. **11**, 308, 309; **17**, 107; **19**, 77, 648.
2) S. diese Zeitschr. **15**, 294.

Optische Eigenschaften.

Bruchstücke des Minerals erwiesen sich im polarisirten Lichte isotrop. Mittels eines Prismas von 79° 35′ brechendem Winkel wurden folgende Brechungsindices bestimmt:

$n_r = 1{,}5117$ für *Li* $n_y = 1{,}5144$ für *Na*

$n_{gr} = 1{,}5180$ für *Tl*.

Chemische Zusammensetzung.

Die qualitative Prüfung ergab die Anwesenheit von Kohlensäure, Chlor, Natrium, Magnesium und unbedeutender Spuren von Schwefelsäure und Wasser. Auf Kalium wurde sorgfältig geprüft, aber keine Spur gefunden.

Die Resultate der Analysen sind die folgenden:

	I.	II.	Mittel:	Verhältniss:	
CO_2	35,21	35,02	35,12	0,798	2,01
Cl	14,10	—	14,10	0,397	1,00
SO_3	0,08	0,08	0,08	—	—
MgO	15,96	16,20	16,08	0,402	1,01
Na_2O	36,99	—	36,99	0,597	1,50
H_2O	0,72	—	0,72	0,040	—
Unlöslich	0,25	0,19	0,22		
			103,31		
Sauerstoff, dem Chlor entsprech.			3,16		
			100,15		

Das Verhältniss von CO_2 : Cl : MgO : Na_2O ist nahezu genau gleich 2 : 1 : 1 : 1,5. Wenn man zwei Drittel des Natriumgehaltes als ein Mol. Na_2CO_3 annimmt, bleibt genau so viel übrig, um mit dem Chlor ein Mol. $NaCl$ zu bilden. Hieraus resultirt die Formel $MgCO_3 . Na_2CO_3 . NaCl$. Die von dieser Formel geforderte procentuale Zusammensetzung ist unten gegeben, zusammen mit dem Resultate der Analysen, die auf 100 % berechnet sind, nach Abzug der kleinen Mengen Wasser und unlöslicher Substanz und nach Umwandlung derjenigen Menge Natron in Natrium, welche erforderlich ist, um mit dem Chlor $NaCl$ zu geben.

	Gefunden:	Berechnet für $MgCO_3 . Na_2CO_3 . NaCl$
CO_2	35,43	35,41
MgO	16,22	16,09
Na_2O	24,90	24,96
Cl	14,23	14,28
Na	9,22	9,26
	100,00	100,00

Verhalten beim Erhitzen.

Vor dem Löthrohre schmilzt das Mineral unter Aufschäumen infolge des Entweichens von Kohlensäure und liefert eine weisse oder grauweisse Masse, welche mit Lakmus alkalisch reagirt. Die Flamme färbt es intensiv gelb. Im geschlossenen Rohre decrepitirt das Mineral heftig und giebt manchmal eine Spur Wasser ab, wahrscheinlich von Verunreinigungen herrührend, welche mechanisch im Krystalle eingeschlossen sind. Die Krystalle sind leicht löslich in kalter verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure unter Gasentwickelung. Kaltes Wasser wirkt langsam darauf ein, aber heisses Wasser zersetzt sie sehr rasch unter Abscheidung von Magnesiumcarbonat.

Name.

Der diesem Mineral von Hrn. Foote gegebene Name, Northupit, ist ein Compliment für Hrn. Northup, dessen sehr sorgfältige Sammelthätigkeit eine Anzahl interessanter Mineralien dieser Gegend ans Licht gefördert hat.

Pirssonit, ein neues Mineral.

Wie in der Einleitung erwähnt wurde, beobachtete Hr. Northup unter Krystallen von Gay-Lussit diejenigen eines neuen Minerals, welches jenem einigermassen ähnelte. Es wurde in nur einem Bohrloche, New Well, welches auch die Northupitkrystalle lieferte, gefunden. Mit zwei unter dem Northupit bereits erwähnten Ausnahmen wurden nur isolirte Krystalle beobachtet, und diese waren wahrscheinlich in demselben Theile der Ablagerung gebildet, welche den Northupit lieferte. Leider muss der Pirssonit zu den seltenen Mineralien gerechnet werden, aber es ist zu hoffen, dass er bei weiteren Nachforschungen auch in anderen Theilen der Ablagerung gefunden werde.

Krystallform.

Das Mineral krystallisirt im rhombischen Systeme und ist in seiner Entwickelung hemimorph. Die polare Axe wurde als verticale genommen, und die beobachteten Formen sind folgende:

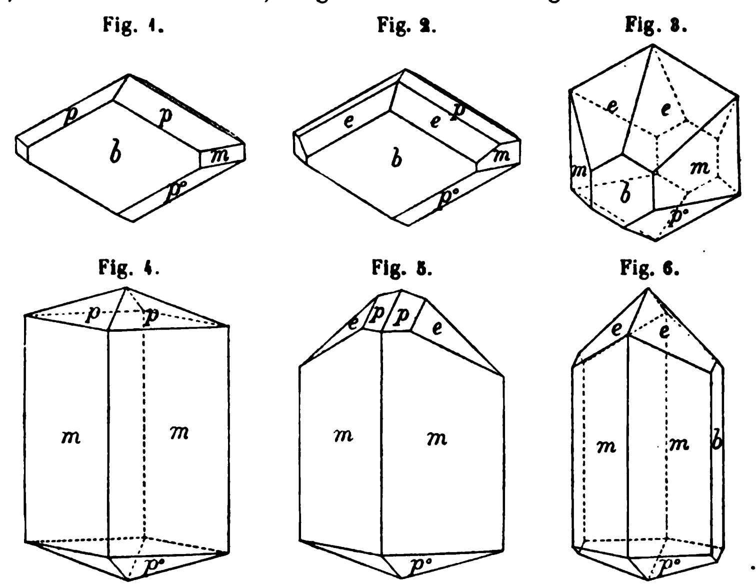
$b\{010\}$ $p\{111\}$ $e\{131\}$
$m\{110\}$ $p^0\{11\bar{1}\}$ $x\{311\}$

Das Axenverhältniss, aus den mit einem Stern versehenen Messungen berechnet, ist folgendes:

$$a : b : c = 0,56615 : 1 : 0,3019.$$

Obgleich die Formen nicht zahlreich sind, zeigen die Krystalle doch eine beträchtliche Mannigfaltigkeit im Habitus. Fig. 1 und 2, bei denen (010) nach vorn gekehrt ist, um die Ausbildung besser zu zeigen, stellen die vorherrschenden Typen dar. Die Pyramide *e* ist nur an einem Ende der Verticalaxe ausgebildet und variirt sehr in der Grösse. Oft bildet *e* den

alleinigen Abschluss am oberen Krystallende (siehe Fig. 3 und 6). Das Pinakoid *b* fehlt manchmal ganz, wie es Fig. 4 und 5 zeigen. Die Pyramide *x* wurde nur an einem einzigen unvollständigen Krystalle beobachtet und in den Figuren nicht wiedergegeben. Die Krystalle variiren in der Grösse stark, indem die kleineren, ungefähr 5 mm im längsten Durchmesser er-



reichend, gewöhnlich den in Fig. 1 und 2 dargestellten Habitus besitzen, während die grösseren, die manchmal 15 mm lang sind, gewöhnlich wie in Fig. 4 und 5 entwickelt sind. Die grösseren prismatischen Krystalle sind oft nur an demjenigen Ende gut ausgebildet, an welchem die Flächen *e* auftreten. Die folgende Tabelle enthält die Zusammenstellung der gemessenen und berechneten Winkel. Da die Reflexe nicht immer sehr vollkommen waren, sind die Grenzwerthe von zwei oder drei unabhängigen Messungen angegeben.

	Messungen:	Mittel:	Berechnet:
$p:p'' = (111):(\bar{1}\bar{1}1)$	= 62° 57' —63° 3'	*63° 0'	—
$m:m''' = (110):(1\bar{1}0)$	59 0 —59 4 30"	*59 2	—
$p:b = (111):(010)$	74 51 30"—75 7	75 1 33"	75° 5'
$p:m = (111):(110)$	58 32 —58 47	58 38 15	58 30
$p:p' = (111):(\bar{1}11)$	53 57 —54 5	53 59 36	54 6
$p:p''' = (111):(1\bar{1}1)$	29 54 —29 59 30	29 57 30	29 50
$b:e = (010):(131)$	51 14 —51 43	51 26 50	51 22
$e:e''' = (131):(1\bar{3}1)$	76 56 —77 12	77 4	77 16
$x:x''' = (311):(3\bar{1}1)$	18 12 48	18 12 48	18 10 30"
$x:m = (311):(110)$	36 44 —36 45	36 44 30	36 15 20
$x:m''' = (311):(1\bar{1}0)$	49 26 —49 23	49 24 30	49 24

Physikalische Eigenschaften.

Die Krystalle sind ausserordentlich spröde, besitzen muschligen Bruch, aber keine deutliche Spaltbarkeit. Glasglanz; farblos bis trübweiss, oft durch Verunreinigungen dunkel gefärbt; Härte 3—3½; spec. Gew., mit Hilfe einer schweren Lösung bestimmt, 2,352.

Die Krystalle zeigen die Erscheinung der Pyroëlektricität in ausgesprochenem Grade. Nachdem sie mässig erhitzt worden sind, werden sie während des Abkühlens an dem Ende, an welchem die spitze Pyramide e ausgebildet ist, negativ elektrisch, wie die Bestäubung mit der Mischung von Mennige und Schwefel nach Kundt's Methode wahrnehmen lässt.

Optische Eigenschaften.

Ebene der optischen Axen ist die Basis, und die Axe b ist erste Mittellinie. Die optische Orientirung ist $\mathfrak{a} = a$, $\mathfrak{b} = c$ und $\mathfrak{c} = b$. Die Doppelbrechung ist positiv und stark, Dispersion gering, $\varrho < v$.

Zur Bestimmung der Brechungsindices wurde die Methode der Totalreflexion benutzt, und ein Krystall verwendet, an dem eine grosse Pinakoidfläche $b = (010)$ ausgebildet war. Die Messung geschah in α-Bromnaphtalin; dessen Brechungsindex für *Na*-Gelb = 1,6588 bei 23° C., und die gefundenen Werthe waren

$$\text{für } Na\text{-Gelb } \alpha = 1{,}5043$$
$$\beta = 1{,}5093$$
$$\gamma = 1{,}5751$$

Aus diesen drei Brechungsindices berechnet sich der wahre Axenwinkel zu 16° 24'.

Mit einem Prisma von 56° 41' brechendem Winkel, dessen Flächen angenähert parallel (110) und ($\bar{1}10$) sind, wurden die Werthe β und γ für *Li* = Roth, *Na* = Gelb und *Tl* = Grün erhalten:

	β	γ
Roth	1,5056	1,5710
Gelb	1,5084	1,5747
Grün	1,5115	1,5789

Der Werth von β für Gelb ist wahrscheinlich nicht so genau, als der durch Totalreflexion gefundene. Der Winkel der optischen Axen $2E$ wurde an einer Platte nach (010) gemessen und gefunden:

		Li	*Na*	*Tl*
$2E$ bei 25° C.	=	47° 45'	48° 14'	48° 22'
hieraus $2V$	=	31 11,5	31 26	31 27

Der Werth von V_a für Gelb ist 15° 43' und stimmt sehr gut mit dem aus den drei Brechungsindices durch Rechnung erhaltenen Werthe 16° 24'. Es zeigte sich, dass der Winkel $2E$ etwas variirt, und um zu bestimmen,

wie weit dies von der Temperatur abhängt, wurden folgende Messungen gemacht:

Temperatur	20° C.	30°	40°	50°	60°	70°	90°
$2E_{Na}$	= 48° 16′	48° 10′	48° 4′	47° 55′	47° 50′	47° 45′	47° 38′

Chemische Zusammensetzung.

Geeignetes Material für die Analyse war leicht zu erhalten, und die Resultate sind:

	Gefunden: I.	II.	Durchschnitt:	Verhältniss:		
CO_2	36,23	35,91	36,07	0,819		= 2,00
CaO	23,28	23,48	23,38	0,417		= 1,02
Na_2O	25,69	25,71	25,70	0,414	0,416	= 1,02
K_2O	0,17	0,13	0,15	0,002		
H_2O	14,74	14,73	14,73	0,818		= 2,00
Al_2O_3 etc.	—	0,13	0,13			
SiO_2	0,36	0,22	0,29			
			100,45			

Das Verhältniss von $CO_2 : CaO : Na_2O : H_2O$ ist sehr nahe gleich 2 : 1 : 1 : 2, woraus sich die Formel $CaCO_3 . Na_2CO_3 . 2H_2O$ ergiebt. Die theoretische Zusammensetzung ist unten gegeben, zugleich die Resultate der Analysen nach Abzug der Verunreinigungen, Einsetzung der äquivalenten Mengen *Na* für *K* und Berechnung auf 100 %.

	Gefunden:	Berechnet für $CaCO_3 . Na_2CO_3 . 2H_2O$
CO_2	36,08	36,36
CaO	23,39	23,14
Na_2O	25,80	25,62
H_2O	14,73	14,88
	100,00	100,00

Die chemische Zusammensetzung des Minerals weicht vom Gay-Lussit, $CaO_3 . Na_2CO_3 + 5H_2O$, dadurch ab, dass nur zwei Mol. Krystallwasser statt fünf vorhanden sind. Um zu bestimmen, bei welcher Temperatur das Wasser fortgeht, wurden Versuche mit lufttrockenem Pulver angestellt. Diese ergaben:

Sechs Stunden auf	100°	0
Zehn - -	150°	13,85
Drei - -	200°	0,37
Sechs - -	250°	0,36
Bei schwacher Rothgluth		0,16
	Zusammen	14,74

Da praktisch alles Wasser unter 150° ausgetrieben ist, muss dasselbe als Krystallwasser betrachtet werden. In der Analyse I. ist das Wasser direct nach der von Penfield (Am. J. Sc. 1894, **48**, 31) angegebenen Methode gewogen worden. In Analyse II. war es durch Gewichtsverlust bei vorsichtigem Erhitzen bestimmt worden.

Verhalten beim Erhitzen.

Das Mineral decrepitirt, wenn es vor dem Löthrohre erhitzt wird, und besitzt ungefähr die Schmelzbarkeit 2—2,5. Es färbt die Flamme intensiv gelb und reagirt nach dem Erhitzen alkalisch. Im geschlossenen Rohre decrepitirt es und giebt schon bei nicht sehr hoher Temperatur Wasser ab.

Es ist in kalter verdünnter Salzsäure und Salpetersäure unter Aufbrausen löslich.

Name.

Der Autor hat das Mineral Pirssonit benannt, zu Ehren seines Freundes und Collegen, Prof. L. V. Pirsson von der Sheffield Scientific School.

Gay-Lussit.

Die einzige Erwähnung des Gay-Lussit aus dieser Gegend, welche der Autor finden konnte, befindet sich in einer Arbeit von Hanks (Mining and Scientific Press, March 1892, 26), welcher das Mineral als in krystallinischen Massen, aber nicht in ausgebildeten Krystallen vorkommend anführt. Es muss hier aber bei der Identificirung ein Versehen vorgekommen sein, denn es wurde von Pirsson (diese Zeitschr. 1894, **23**, 504) nachgewiesen, dass die dort für das Mineral beschriebenen Reactionen mit einer Verbindung von der chemischen Zusammensetzung des Gay-Lussit unvereinbar wären. Nach den Angaben, welche wir von Herrn Northup erhielten, kommt der Gay-Lussit an genannter Localität in grösseren Mengen vor. Er findet sich in vielen Theilen der Ablagerung und in verschiedenen Tiefen. Alle von Hrn. Northup uns gelieferten Exemplare sind übrigens gut ausgebildete Krystalle.

Krystallform.

Die beobachteten Formen sind folgende:

$b\{010\}$	$m\{110\}$	$e\{011\}$
$c\{001\}$	$s\{\bar{1}01\}$	$r\{\bar{1}12\}$

Es wurden drei Typen an den Krystallen beobachtet, welche in Fig. 7, 8 und 9 dargestellt sind. Die grössten, manchmal von 20 mm im längsten Durchmesser, sind wie Fig. 7 entwickelt, aber ihre Flächen sind im Allgemeinen rauh. Krystalle vom Habitus der Fig. 8 haben selten einen Durchmesser von mehr als 10 mm. Vom dritten Typus (Fig. 9) wurden nur einige wenige Krystalle beobachtet. Um die Entwickelung der Flächen besser zu

zeigen, ist diese Figur mit dem Pinakoid b nach vorne gezeichnet worden. Diese letztere Form, offenbar eine am Gay-Lussit ungewöhnliche, ist nur

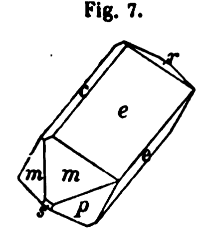


Fig. 7.

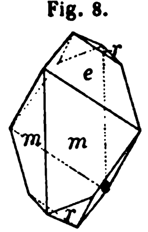


Fig. 8.

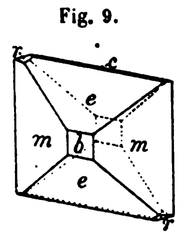


Fig. 9.

an den Krystallen des letzteren Typus entwickelt. Obgleich viele der Krystalle farblos und durchsichtig sind, giebt es doch wieder viele wolkige infolge von Verunreinigungen.

Die Formen wurden durch folgende Messungen identificirt, zu welchen die berechneten Winkel von dem durch Phillips (Philos. Mag. 1827, **1**, 263) festgestellten Axenverhältniss abgeleitet wurden.

$$a : b : c = 1,4897 : 1 : 1,4442;$$
$$\beta = 78^0 26\tfrac{3}{4}'.$$

		Gemessen:	Berechnet:
$m : m$	$= (110):(1\bar{1}0) =$	$111^0\ 8'$	$111^0 10'$
$m : e$	$= (110):(011)$	$42\ 5\tfrac{1}{2}$	$42\ 21$
$e : e$	$= (011):(0\bar{1}1)$	$109\ 34\tfrac{1}{2}$	$109\ 30$
$e : r$	$= (011):(\bar{1}12)$	$27\ 7$	$27\ 44$
$r : r$	$= (\bar{1}12):(\bar{1}\bar{1}2)$	$69\ 33$	$69\ 29$
$r : s$	$= (\bar{1}12):(\bar{1}01)$	$39\ 49$	$49\ 21$

Die Messungen konnten nicht sehr genau ausgeführt werden, da die kleinen Krystalle keine recht guten Reflexe des Signals am Goniometer ergaben, während die grossen nur mit dem Contactgoniometer gemessen werden konnten.

Das specifische Gewicht einiger der reinsten Krystalle, mittelst schwerer Lösung bestimmt, ist 1,992. Dies ist etwas höher, als gewöhnlich für dieses Mineral angegeben wird. Indessen giebt Phillips (l. c. 265) wesentlich denselben Werth an, 1,990, für einen ausserordentlich glänzenden Krystall, an welchem er seine Bestimmungen ausgeführt hat.

Optische Eigenschaften.

Die wesentlichsten Angaben über die optischen Eigenschaften dieses Minerals rühren von Des Cloizeaux (Ann. d. Mines 1858 [5], **14**, 400) her, welcher den Winkel der Auslöschung auf dem Pinakoid b, den scheinbaren Axenwinkel $2E$, den Charakter der Doppelbrechung und die Dispersion bestimmte. Die ungewöhnliche Reinheit des vorliegenden Materials machte

es möglich, noch vollständigere Bestimmungen auszuführen. Mit einer parallel zu (010) geschnittenen Platte wurde die Auslöschungsschiefe $c:c$ oder die Neigung der stumpfen Bisectrix gegen die Verticalaxe am spitzen Winkel β für gelbes Licht ungefähr 14° 52′ gefunden. Für rothes Licht war dieser Winkel ungefähr um einen Grad grösser. Diese Werthe können nicht als sehr genau betrachtet werden, weil die für die optische Untersuchung am besten geeigneten Exemplare nicht so vollkommene Krystallumrisse besassen. Indessen differiren sie nur wenig von den von Des Cloizeaux (Ann. d. Mines 1858 [5], **14**, 400) gegebenen Werthen: für Roth 14° 18′ und für Blau 13° 8′.

Die spitze Mittellinie ist normal zu (010), und es wurden folgende Werthe für den scheinbaren Axenwinkel erhalten:

	Li-Roth:	*Na*-Gelb:	*Tl*-Grün:
$2E$ bei 26° C. =	51° 26′	52° 7¾′	52° 47¾′

Diese Werthe stimmen sehr nahe mit den von Arzruni (diese Zeitschrift 1882, **6**, 24) erhaltenen überein. Diese sind:

	Li-Roth:	*Na*-Gelb:	*Tl*-Grün:
$2E$ =	51° 25′	52° 19′	52° 58′

Des Cloizeaux giebt an: $2E$ = 51° 38′ für Roth und 52° 53′ für Blau.

Es konnte eine deutliche gekreuzte Dispersion wahrgenommen werden, deren Charakter $\varrho < v$ war. Die Doppelbrechung ist negativ und stark. Durch Totalreflexion wurden die folgenden Werthe der Brechungsindices für gelbes *Na*-Licht erhalten:

$$\alpha = 1{,}4435, \quad \beta = 1{,}5156, \quad \gamma = 1{,}5233.$$

Aus diesen Zahlen wurde V berechnet zu 17° 32′, während 16° 53′ aus den Werthen $2E$ und β erhalten wurde.

Des Cloizeaux hat gezeigt, dass der Axenwinkel beträchtlich mit der Temperatur variirt. Dies wurde durch eine Reihe von Versuchen bestätigt, deren Resultate die folgenden sind:

Temperatur:	Scheinbarer Winkel $2E_{Na}$	Temperatur:	Scheinbarer Winkel $2E_{Na}$
22° C.	52° 6′	60° C.	54° 7′
30	52 32	70	54 43
40	52 54	80	55 13
50	53 26	90	55 48

Die grösste Aenderung von 22°—90° C. ist daher 3° 42′. Für Roth hat Des Cloizeaux 51° 50′ bei 21,5° C. und 53° 32′ bei 71,5° C. gemessen, also eine Aenderung von 1° 42′.

Hanksit.

Dieses Mineral wurde zuerst 1885 von Herrn W. E. Hidden (Am. J. Sc. 1885, **30**, 33, s. diese Zeitschr. **11**, 308) beschrieben, welcher in der

mineralogischen Ausstellung Californiens auf der »World's Industrial and Cotton Centennial Exposition« in New Orleans einige Krystalle mit hexagonalem Habitus bemerkte, welche als Thenardit bezeichnet waren. Die Untersuchung dieser Krystalle zeigte, dass ein neues Mineral vorläge, welchem der Name Hanksit zu Ehren des Hrn. H. G. Hanks, früheren Staatsmineralogen von Californien, gegeben wurde.

Das Mineral kommt am Borax Lake an verschiedenen Stellen vor. Nach den Angaben des Hrn. Northup finden sich kurze Krystalle mit vorherrschenden Basisflächen nahe der Oberfläche, entweder an der Unterseite der auf S. 417 dieser Abhandlung beschriebenen Kruste aufgewachsen, oder in dem Schlamme direct unter derselben. Der Habitus dieser Krystalle ist durch die Figuren in den Abhandlungen von Hidden und Hanks (Am. J. Sc. 1889, **37**, 66, s. auch diese Zeitschr. **11**, 308) wiedergegeben. Unter der Kruste bis zu einem Abstande von 50 Fuss sind Hanksitkrystalle selten. Aber in dieser Tiefe wurde eine Schlammschicht aufgefunden, welche einige Krystalle von dem in der Fig. 10 dargestellen, quarzähnlichen Habitus enthielten. Diese waren so stark angeätzt, dass sie nicht mit dem Reflexionsgoniometer gemessen, aber mit Hilfe des Contactgoniometers die Formen des Prisma $m = \{10\bar{1}0\}$ und der primären Pyramide $o = \{10\bar{1}1\}$ identificirt werden konnten.

Fig. 10.

Optische Eigenschaften.

Da die Brechungsindices des Hanksit noch nicht bestimmt worden waren, so wurde aus einem tafelförmigen Krystalle eine Platte nach der Basis angefertigt, und diese lieferte durch Totalreflexion die folgenden Werthe:

$$\text{für } Na\text{-Gelb } \omega = 1{,}4807, \quad \varepsilon = 1{,}4614.$$

Dieselbe zeigte ein normales einaxiges Interferenzbild mit starker negativer Doppelbrechung.

Chemische Zusammensetzung.

Unsere Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Hanksit beschränkt sich auf zwei Analysen. Nach der einen von Mackintosh, welche Hidden (Am. J. Sc. 1885, **30**, 134; diese Zeitschr. **11**, 308) mittheilt, ist die Formel $4Na_2SO_4 + Na_2CO_3 + \frac{1}{2}NaCl$. Indessen wurde das $NaCl$ als unwesentlich betrachtet, und die Formel $4Na_2SO_4 + Na_2CO_3$ als die wahrscheinliche angesehen. Es konnte aber nachgewiesen werden, dass bei der Berechnung der Analysen ein Fehler gemacht wurde; denn während das Verhältniss von $Na_2SO_4 : Na_2CO_3 : NaCl$ als 3,95 : 1 : 0,46 oder 4 : 1 : $\frac{1}{2}$ angegeben wurde, muss es heissen 4,6 : 1 : 0,53. Ferner ist die Analyse unvollständig, da die Basen ganz als Natron berechnet sind.

Eine zweite Analyse wurde von Penfield (Am. J. Sc. 1885, **30**, 137; diese Zeitschr. **11**, 309) ausgeführt, der einen grossen Krystall benutzte, welcher von dem verstorbenen Prof. J. S. Newberry an die Brush'sche Sammlung gegeben worden war. Dieser war sehr unrein und enthielt offenbar Thon eingeschlossen, denn die Analyse ergab 4,41 % unlösliches Material und 1,32 % Glühverlust. Ausser dem Natrium wurden 2,33 % Kalium gefunden, was genau hinreicht, um mit den 2,13 % Chlor Chlorkalium zu bilden. Die Untersuchung eines Schliffes von diesem Krystalle durch Prof. E. S. Dana zeigte zahlreiche rechtwinklige Einschlüsse, welche für *NaCl* oder *KCl* gehalten wurden. Das Material wurde als zu unrein angesehen, um die Aufstellung einer complicirten Formel zu gestatten. Die Resultate der Analyse stimmten nach Abzug des Unlöslichen, des Glühverlustes und des Chlorkaliums angenähert mit der von Mackintosh angenommenen Formel $4Na_2SO_4 + Na_2CO_3$ überein.

Bei der optischen Untersuchung des Hanksit durch den Verf. zeigte sich, dass Nichts von optisch isotropem Charakter darin entdeckt werden konnte, wenngleich die Schliffe nach der mikroskopischen Prüfung geringfügige Verunreinigungen enthielten. Ausserdem wurde bei der Prüfung zahlreicher Krystalle auf Chlor dieses stets gefunden, und da die Resultate der Analysen Penfield's und Mackintosh's gezeigt haben, dass das Mineral einen Chlorgehalt, entsprechend 4 % *NaCl* oder *KCl* enthält, so ist es nicht möglich, dass eine dieser letzteren Verbindungen als Verunreinigung in einer solchen Menge vorhanden sei, ohne dass man es mit dem Mikroskop entdecken könnte. Es wurde daher von Prof. Penfield vermuthet, dass neue Analysen mit dem ausnehmend reinen Material, wie es jetzt vorliegt, das Chlor als einen wesentlichen Bestandtheil des Minerals feststellen würden.

Es wurden also einige flache, tafelförmige Krystalle ausgewählt und, um sie so viel als möglich von irgend welchen etwa vorhandenen Verunreinigungen zu befreien, gepulvert und, zu einem gleichförmigen Korn gesiebt, mit Methylenjodid getrennt. Die Hauptmasse des Materials zeigte das specifische Gewicht zwischen den engen Grenzen 2,567 und 2,553, und diese wurde zur Analyse verwendet (Anal. I und II).

Die prismatischen Krystalle (Fig. 10), welche von der 50 Fuss unter der Oberfläche liegenden Schlammschicht stammten, schienen noch reiner als die obigen. Glücklicherweise war von diesen genug zur Analyse von Hrn. Northup geliefert worden. Ihr specifisches Gewicht wurde zu 2,545 gefunden (Anal. III).

	Tafelförmige Krystalle.				Prismatische Krystalle.	
	I.	II.	Mittel:	Verhältniss:	III.	Verhältniss:
SO_3	45,89	45,98	45,93	0,574 = 9,00	45,78	0,572 = 9,00
CO_2		5,65	5,65	0,128 = 2,01	5,63	0,128 = 2,01

	Tafelförmige Krystalle.				Prismatische Krystalle.	
	I.	II.	Mittel:	Verhältniss:	III.	Verhältniss:
Na_2O	43,27	43,43	43,35	0,699 = 10,95	43,61	0,703 = 11,07
Cl	2,21		2,21	0,062 = 0,97	2,28	0,064 = 1,01
K	2,40	2,55	2,48	0,063 = 0,98	2,39	0,061 = 0,96
Unlösl.	0,22	0,16	0,19		0,12	

Diese Resultate sind im Wesentlichen identisch und zeigen, dass Chlor und Kalium keine zufälligen Gemengtheile sind. Das Verhältniss von SO_3 : CO_2 : Na_2O : Cl : K ist sehr nahe 9 : 2 : 11 : 1 : 1, entsprechend der Formel $9Na_2SO_4 + 2Na_2CO_3 + KCl$.

Von den vorhergehenden Analysen liefert die von Mackintosh das Verhältniss $SO_3 : CO_2 : Cl = 9 : 1,93 : 1,04$, was die obige Formel vollkommen bestätigt, während weitere Vergleichung nicht möglich ist, da die Basen ganz als Natron berechnet wurden. Die Analyse von Penfield ergab das Verhältniss $SO_3 : CO_2 : Na_2O : Cl : K = 9 : 2,03 : 10,89 : 0,99 : 0,99$, welches in vollkommenster Uebereinstimmung mit obiger Formel steht.

Um die nahe Uebereinstimmung zwischen den analytischen Resultaten und der theoretischen Zusammensetzung zu zeigen, sind im Folgenden die Analysen, mit Ausnahme derer von Mackintosh, nach Abzug der Verunreinigungen auf 100 berechnet, gegeben:

	Tafelförm. Krystalle:	Prism. Krystalle:	Penfield:	Theorie:
SO_3	46,11	45,92	46,21	46,02
CO_2	5,66	5,65	5,74	5,62
Na_2O	43,53	43,74	43,32	43,59
Cl	2,215	2,29	2,26	2,26
K	2,485	2,40	2,47	2,49
	100,00	100,00	100,00	100,00

Die gute Uebereinstimmung dieser vollständigen Analysen, zusammen mit der unvollständigen von Mackintosh, welche an ganz verschiedenen Exemplaren und an Krystallen, die zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Theilen der Ablagerung sich fanden, angestellt wurden, lässt keinen Zweifel zu, dass sowohl Chlor als Kalium wesentliche Bestandtheile der Verbindung sind, und die etwas complicirte Formel die richtige ist. Es ist kaum möglich, dass Kalium und Natrium in diesem Mineral einander isomorph vertreten, denn ersteres scheint immer genau in der Menge vorhanden zu sein, welche genügt, um mit dem Chlor KCl zu geben. Die Verbindung liefert ein sehr interessantes Beispiel des ausserordentlich seltenen Vorkommens von drei Säureradicalen in einem Mineral.

Zum Schlusse spricht der Verf. dem Hrn. Prof. S. L. Penfield seinen Dank für dessen liebenswürdige Unterstützung aus.

XVIII. Auszüge.

1. C. Viola (in Rom): **Ueber eine Methode zur Bestimmung des Brechungsvermögens der Minerale im Dünnschliff** (Tscherm. mineral.-petr. Mitth. 1894, 14, 554).

Die Erscheinung, dass bei Beobachtung eines Dünnschliffes bei stark eingeengtem Beleuchtungskegel an der Grenze zwischen einer stärker und einer schwächer lichtbrechenden Substanz in Folge der Totalreflexion eine helle Zone sich einstellt, kann auch zur annähernden Messung des Brechungsexponenten der stärker lichtbrechenden Substanz benutzt werden, wenn die Dicke des Schliffes bekannt ist; anderntheils lässt sich auf diese Weise umgekehrt die Dicke eines Schliffes ziemlich genau messen. Wenn man zunächst auf die Oberseite des zu bestimmenden Minerals einstellt und dann das Objectiv senkt, bis der Lichtstreifen weder in dem schwächer noch in dem stärker lichtbrechenden Mineral zu sehen ist, so darfman nur die gemessene Verschiebung mit dem Brechungsexponenten des Minerals multipliciren, um die Dicke des Präparates zu erhalten, resp. die Dicke des Präparates, welche man an anderer Stelle gemessen hat, durch diesen Werth dividiren, um den Brechungsexponenten der betreffenden Substanz zu erhalten.

Ref.: E. Weinschenk.

2. F. Becke (in Prag): **Messung von Axenbildern mit dem Mikroskope** (Ebenda 563).

Wenn man das Interferenzbild mittelst einer dem Mikroskope aufgesetzten Camera lucida auf ein Zeichenblatt abzeichnet, welches gleichsinnig mit dem Objecttische des Mikroskopes gedreht werden kann, so kann man den Ort einer im Gesichtsfelde sichtbaren optischen Axe nach Azimuth und Centraldistanz graphisch feststellen; ebenso kann man mit einer solchen Einrichtung in einem Zwillingskrystalle den Winkel messen, welchen die optischen Axen in den beiden Individuen mit einander bilden.

Ref.: E. Weinschenk.

3. J. Rompel (in Prag): **Ein neuer Fundort für Andalusit auf der Heimspitze in Vorarlberg** (Ebenda 565).

An der Heimspitze oberhalb von Gargellen findet man zahlreiche abgestürzte Blöcke, welche aus derbem Quarz mit massenhaften Andalusitprismen bestehen, die von Muscovit überzogen sind. Anstehend wurden diese Bildungen etwa 20 m unterhalb der Heimspitze entdeckt, wo den gneissartigen Glimmerschiefern zahlreiche Quarzlinsen eingeschaltet sind, welche die dunkelrothen, oft theilweise zu Glimmer zersetzten Andalusite umschliessen. Der Vertheilung der Findlinge nach findet sich das Mineral noch an anderen Punkten der Nachbarschaft.

Ref.: E. Weinschenk.

4. **E. Lord** (in Heidelberg): **Mineralanalysen** (Aus »Ueber die Basalte des Fichtelgebirges«. Inaug.-Diss. Heidelberg 1894).

Um zu constatiren, ob die zonar gebauten Augite durch *HCl* nicht in einen titanhaltigen und einen titanfreien Antheil zerlegt werden können, wurden die seinerzeit von Knop (vergl. diese Zeitschr. **10**, 58) analysirten Augite aus dem Limburgit des Kaiserstuhls zunächst einer erneuten Bauschanalyse I unterzogen; dann wurden nach 12stündigem Behandeln des Pulvers mit conc. *HCl* auf dem Wasserbade der in Lösung gegangene Theil (II) von 57 % der Gesammtmenge und der unlösliche (III) von 43 % einzeln untersucht.

	I.	II.	III.
SiO_2	43,85	43,41	44,30
TiO_2	3,14	3,19	3,09
Al_2O_3	6,19	6,92	5,46
Fe_2O_3	6,99	7,04	6,85
FeO	3,70	3,38	4,04
MgO	11,89	11,64	12,75
CaO	22,44	22,54	22,34
Na_2O	1,50	1,50	1,17 (Diff.)
K_2O	0,50	0,50	
Summe	100,20	100,12	100,00

Bei einer anderen Portion wurde die Behandlung vier Tage lang fortgesetzt, es waren 82,44 % in Lösung gegangen mit 44,18 % SiO_2 und 22,79 % CaO, im ungelösten waren 43,62 % SiO_2 vorhanden. Verdünnte *HCl* (1 : 1) löste in 12 Stunden 43,77 % mit 43,25 % SiO_2 und 21,08 % $TiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO$. Daraus folgt, dass eine Trennung auf diesem Wege nicht durchführbar ist.

Ref.: E. Weinschenk.

5. **W. Sonne** (in Darmstadt): **Mineralanalyse** (aus: C. Chelius, Mittheilungen aus dem Aufnahmsgebiete des Sommers 1894. Notizblatt Ver. Erdkunde u. grossh. geol. Landesanst. Darmstadt 1894, 34).

Orthoklaseinsprenglinge aus dem porphyrischen Granit von Oberwald bei Steinau im Odenwaldergraben haben folgende Zusammensetzung:

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	H_2O	SO_3
69,30	14,28	0,42	0,28	2,03	0,14	9,79	2,11	0,60	0,46	0,33

Ref.: E. Weinschenk.

6. **H. Schnerr** (in München): **Beiträge zur chemischen Kenntniss der Granatgruppe** (Inaug.-Diss. München 1894).

Eine grössere Anzahl von Kalkgranaten aus den Lagerstätten der centralalpinen Serpentine wurden chemisch untersucht. Die Analysen der Vorkommnisse aus dem Gebiete des Gross-Venedigers siehe in E. Weinschenk, die Minerallagerstätten des Gross-Venedigerstockes in den Hohen Tauern, diese Zeitschr. **26**, 452, 456 und 459. Ausser diesen wurden noch drei Varietäten vom Rothenkopf im Schwarzensteingrund (Zillerthal) untersucht, und zwar ebenso wie von der Scharn im Gebiete des Gross-Venedigers eine lichtrothe, Analyse I, eine kirschrothe II und eine dunkelbraune III. Trotz der Aehnlichkeit der Färbung und der Art des Vorkommens ebenso wie der Paragenesis, welche die Granaten der

Scharn und des Rothenkopfs aufweisen, sind chemisch sehr bedeutende Unterschiede vorhanden. Ref. möchte ferner noch bemerken, dass trotz dieser Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung die optischen Verhältnisse der drei Zillerthaler Vorkommnisse ganz ähnliche sind, wie die der entsprechend gefärbten von der Scharn, dass der dunkelbraune die stärksten Anomalien zeigt, und der kirschrothe, ebenso wie dort, fast ganz isotrop ist.

	I.	II.	III.
SiO_2	37,18	36,75	37,52
Al_2O_3	14,03	6,90	13,29
Fe_2O_3	13,73	21,38	13,01
FeO	2,54	2,17	1,71
MnO	Spur	Spur	0.54
CaO	32,73	32,55	34,01
Summe	100,21	100,10	100,61

Aus der Zusammenstellung der Analysen geht hervor, dass zwischen der gefundenen Zusammensetzung und der Färbung der Granatmineralien ein Zusammenhang nicht vorhanden ist, und dass namentlich die Anschauung nicht begründet ist, dass die dunkleren Varietäten eisenoxydreichere Mischungen darstellen. Die auf dieser Ansicht basirte Unterscheidung der Zwischenglieder zwischen Grossular und Topazolith in eisenoxydärmere Hessonite mit lichtrothen und eisenoxydreichere Aplome mit dunkleren Farben ist daher nicht aufrecht zu erhalten.

Ref.: E. Weinschenk.

7. **C. Klein** (in Berlin): **Optische Studien an Granat, Vesuvian und Pennin** (Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Berlin 1894, 723. — U. d. T.: **Mineralogische Mittheilungen IV**: N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1895, **2**, 68).

1. Granat. Krystalle {211} von Kalkthongranat von Wilui lassen in ihrer optischen Structur drei Typen unterscheiden, von welchen einer schon früher (vergl. Ref. diese Zeitschr. **9**, 97) beschrieben wurde. Während bei diesem die Auslöschungsrichtungen der einzelnen Sectoren stets genau senkrecht zur {211}-Fläche orientirt sind, weichen dieselben bei Typus II um 18°—20° von letzterer Richtung ab. Bei einem dritten Typus endlich lässt sich ein Wechsel von optisch wirksamen mit optisch isotropen Zonen erkennen, was auf einen zonaren Aufbau aus chemisch verschieden zusammengesetzten Theilen hinweist. In allen drei Fällen steht die positive Mittellinie senkrecht oder schief zur herrschenden Krystallfläche, und die einzelnen Theile haben monokline Symmetrie. Dagegen zeigen Krystalle der Form {110} einen Aufbau aus rhombischen Theilen, deren negative Bisectrix senkrecht zur Krystallfläche steht, und deren Axenebene in der langen Diagonale des Rhombus liegt.

Krystalle der Combination {211}, {110} lassen neben normalen Ikositetraëderfeldern von monoklinem Charakter solche erkennen, welche dem Rhombendodekaëder entsprechen und rhombische Symmetrie aufweisen. In diesen letzteren liegt aber im Gegensatze zu den Krystallen mit reinem {110} die positive Bisectrix senkrecht zur Krystallfläche. Herrscht in der zuletzt besprochenen Combination {110} vor, so ist doch meist die Ikositetraëderstructur vorherrschend, und die Erscheinung weniger klar in die Augen springend.

Bei den Kalkthongranaten von der Dominsel in Breslau und von Xalostoc, District Cuautla, Morelos, Mexico, tritt eine Felderthelung nur sehr undeutlich

hervor; gewöhnlich beobachtet man schwach auf das polarisirte Licht wirkende Lamellensysteme.

Krystalle von Kalkeisengranat der Form {110} von Breitenbrunn und Schwarzenberg in Sachsen lassen den schon früher beschriebenen (l. c.) Aufbau erkennen, dass ein dodekaëdrisch umgrenzter Kern von einer ikositetraëdrisch ausgebildeten Schale umschlossen wird, und endlich wieder eine dodekaëdrisch begrenzte Hülle sich abgesetzt hat; dabei ist der Charakter der Doppelbrechung der einzelnen Sectoren wechselnd, und es werden die hin und wieder bei diesen Krystallen vorhandenen, optisch isotropen Zonen durch Compensation entgegengesetzt doppeltbrechender Substanz erklärt.

Kalkeisengranat von Sala, Schweden, besteht aus Sectoren, welche optisch triklin sind; die negative Mittellinie steht doppelt schief auf der Umgrenzungsfläche, und ferner ist noch jedes Ikositetraëderfeld durch Zwillingsbildung in zwei oder mehr Theile zerlegt, was die optische Erscheinung sehr complicirt macht.

II. Vesuvian. a. Krystalle von negativem Charakter der Doppelbrechung für alle Farben. Braune Krystalle von Vesuvian vom Vesuv, von Zermatt, von Eger und Egg sind optisch fast vollständig normal, deutliche Feldertheilung erscheint in basischen Schnitten nie.

Braune Krystalle vom Alathal zerfallen im polarisirten Lichte in vier quadratische Centralfelder mit diagonal gestellter Axenebene ($2E$ etwa 24°) und vier Randfelder, deren Axenebene senkrecht zur Umgrenzung orientirt ist ($2E$ etwa 60°).

Grüne Krystalle aus dem Pfitschthal [Burgumer Alp? der Ref.] und dem Zillerthal [Rothenkopf? der Ref.] zeigen nur wenig Störungen; im convergenten Lichte beobachtet man ein schwarzes Kreuz auf gelbem Grunde mit normalen Ringen.

Prismatische Krystalle vom Val di Sturra, Piemont, bestehen aus abwechselnden braunen und grünen Schichten, nach der Basis gesondert. Die ersteren zeigen keine regelmässige Feldertheilung, aber man beobachtet neben einaxigen zweiaxige, optisch negative Partieen. Die anderen zeigen eine deutliche Theilung in acht Felder im basischen Schnitte, welche {110} und {100} entsprechen. Die Axenebene liegt senkrecht zur Randkante, der Axenwinkel ist wechselnd, die Doppelbrechung negativ, aber die die Axen umgebenden Curven zeigen umgekehrte Anordnung der Farben.

Grüne Krystalle vom Alathal zerfallen, wie die braunen von diesem Fundorte, in vier Central- und vier Randfelder, aber in ersteren, welche sehr schwach aufhellen, ist die Lage der Axenebene um 90° gegenüber den braunen gedreht, und die Reihenfolge der Farben in den Curven ist die umgekehrte.

Braune Krystalle vom Vesuv zerfallen in ähnlicher Weise in acht Felder, welche aber vom Centrum zum Rande gehen, und in welchen die Axenebenen abwechselnd senkrecht und parallel zur Randkante liegen; bei ihnen ist die Reihenfolge der Farben in den Curven normal.

b. Vesuviane von negativem und positivem Charakter, je nach Stelle und Farbe. Wie beim Apophyllit beobachtet man auch beim Vesuvian die Erscheinung der »Chromocyclite«, welche aber durch Erwärmung nicht verändert wird. Derartige Vorkommnisse liegen in gelben Krystallen vom Monzoni, in braunen mit der Allgemeinbezeichnung Fassathal, in gelben von Cziklowa im Banat vor. Dieselben zeigen stets ein sehr verwaschenes Kreuz in farbigem Felde, welches namentlich Gelb, Indigo und Blau, seltener die Zwischenfarben aufweist; optische Anomalien sind selten. Besonderes Interesse bietet ein Vergleich mit den ana-

logen Vorkommnissen von Apophyllit (vergl. Ref. diese Zeitschr. **24**, 193) in folgender Tabelle:

Apophyllit. Roth *Li*	Gelb *Na*	Grün *Tl*	Blau *In*	Farbe des Feldes um das schwarze Kreuz:	Vesuvian. Roth *Li*	Gelb *Na*	Grün *Tl*	Blau *In*
+	+	+	+	Gelb	—	—	—	—
+	+	+	0	Orange	—	—	—	0
+	+	0	—	Roth — Violett	—	—	0	+
+	0	—	—	Indigo	—	0	+	+
0	—	—	—	Blau	0	+	+	+
—	—	—	—	Blau mit grünem Ringe	+	+	+	+

Braune Krystalle aus dem Fleimserthal zeigen meist nur die zuletzt aufgeführte Erscheinung.

c. Vesuviane von positivem Charakter der Doppelbrechung für alle Farben. Nur für den Vesuvian vom Flusse Wilui wurde diese Eigenschaft bis jetzt nachgewiesen [1]), und Verf. fügt den Beobachtungen an diesem Vorkommniss nur hinzu, dass sich die optischen Verhältnisse desselben beim Erhitzen bis nahe zum Schmelzen nicht ändern, dass die Dispersion $\varrho < v$ und der scheinbare Axenwinkel in den Hauptfeldern 42°, in den Nebenfeldern 30° beträgt.

Alle Beobachtungen am Vesuvian erklärt der Verf. durch die isomorphe Mischung eines optisch positiven mit einem optisch negativen Endgliede, welche beide in reinem Zustande chemisch noch nicht genügend festgestellt sind. Dem Vesuvian würde das tetragonale Krystallsystem zukommen, und die davon abweichenden optischen Erscheinungen würden den durch die isomorphe Mischung hervorgebrachten Störungen zuzuschreiben sein.

III. Pennin. Der Antigorit vom Val d'Antigorio bei Domo d'Ossola ist optisch einaxig negativ für alle Farben mit hier und da etwas gestörten Erscheinungen. Beim schwachen Erwärmen ändert sich darin nichts, bei stärkerem aber mit der beginnenden Bräunung tritt eine Erhöhung der Doppelbrechung und ein Verschwinden der optischen Anomalien ein.

Penninkrystalle von Zermatt bestehen aus positiven und aus negativen Partieen; regellos vertheilt beobachtet man in solchen Fällen alle Farben des Chromocyclits. Wenn in negativen Krystallen der Grund um das Kreuz gelbgrün ist, so ändert sich das beim Erwärmen nicht, ist es aber blau, so wird es dabei gelbgrün, und ferner gehen stets die positiven Stellen beim Erwärmen in negative über, wobei die Doppelbrechung wenig zunimmt: nur wo stärkere Bräunung eintritt, steigt dieselbe bedeutend. Die von Tschermak beschriebene Verwachsung von Pennin und Klinochlor von diesem Fundorte zeigt in den als Klinochlor gedeuteten Randzonen einen Axenwinkel von ca. 40°, Axenebene parallel zur Umgrenzung, $\varrho < v$ und positiven Charakter der Doppelbrechung. Beim Erwärmen werden dieselben nicht negativ, was thatsächlich für Klinochlor spricht.

Pennin (»mimetischer Klinochlor«) vom Zillerthal zeigt meist positive Stellen neben negativen, und die ersteren gehen beim Erwärmen wie beim normalen Pennin in negative über.

Erwärmt man dagegen Krystalle von Klinochlor von West Chester, Pennsylvanien, so wird zwar der Axenwinkel kleiner und bei beginnender Bräunung

1) Vergl. Ref. diese Zeitschr. **17**, 94.

gleich Null, wobei die Doppelbrechung bedeutend steigt, aber der Charakter der Doppelbrechung ändert sich nicht, sondern bleibt positiv. Kleine, helle Partieen in diesen Krystallen sind schon ursprünglich einaxig-negativ, und diese ändern ihre Eigenschaften beim Erwärmen überhaupt nicht; sie werden als Einschlüsse von Glimmer gedeutet. Ganz analog verhalten sich andere Vorkommnisse von Klinochlor aus dem Pfitsch- und Zillerthal, sowie die Drillinge vom Alathal; alle werden beim Erwärmen unter Zunahme der Doppelbrechung einaxig, bleiben aber stets +, so dass hierin ein gutes Unterscheidungsmittel von Pennin und Klinochlor gegeben ist. Diese Erscheinungen werden dadurch erklärt, dass die Mineralien der Chloritgruppe aus einer optisch positiven und einer optisch negativen Substanz gemischt sind, und beim Erwärmen würde die in geringerer Menge vorhandene Componente leichter verändert respective der vorwaltenden in ihrer Wirkung gleich gemacht.

Ref.: E. Weinschenk.

8. **E. Cohen** (in Greifswald): **Meteoreisenstudien III.** (Annal. k. k. naturhist. Hofmus. Wien 1894, 9, 97).

Aus einer Anzahl von Meteoreisen wurden die als Rhabdit bezeichneten winzigen Nädelchen in möglichst reinem Zustande isolirt und der Analyse unterzogen. Die krystallographischen Untersuchungen einzelner, etwas grösser ausgebildeter derartiger Kryställchen ergaben die Wahrscheinlichkeit, dass dieselben dem tetragonalen Krystallsysteme angehören, doch war die Flächenbeschaffenheit in Folge verticaler Streifung der Prismen eine viel zu schlechte, um diese Frage zu entscheiden. Die kleinen Kryställchen besitzen drei rechtwinklig auf einander stehende vollkommene Spaltrichtungen, sind äusserst spröde und von zinnweisser Farbe. Sie umschliessen besonders gern Daubréelith und Chromit. Analyse I giebt die Zusammensetzung des Rhabdit aus dem Meteoreisen von Seeläsgen, Schwiebus in Brandenburg, II von Bolson de Mapimi, III von Sancha Estate, Santa Rosa, N. Coahuila, Mexico, IV von Hex River Mounts, Capland, V kleiner Blättchen aus dem letzteren Eisen mit ähnlichen Eigenschaften wie der Rhabdit, VI von Rhabdit aus Lime Creek, Claiborne, Alabama.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Angew.	0,31662 g	0,5985 g	0,3276 g	0,2272 g	0,3220 g	0,2563 g
Rückst.	0,63%	0,96%	0,71%	0,53%	0,25%	1,54%
Fe	49,06	51,60	55,01	55,54	61,46	47,22
Ni	35,48	30,89	28,63	26,73	21,31	30,16
Co	0,45	0,70	0,60	0,46	0,34	0,38
P	13,35	14,63	15,24	15,10	15,20	14,16
Cr	0,48	0,78	—	0,25	0,32	0,95
S	0,58	—	—	0,30	0,39	1,16
	100,03	99,56	100,19	98,91	99,27	95,57

Aus diesen Analysen folgt mit ziemlicher Sicherheit, dass der Rhabdit chemisch mit dem Schreibersit identisch ist und dass ihm die Formel $(Fe, Ni, Co)_3P$ zukommt.

Es ergab sich ferner, dass alle untersuchten Meteoreisen, ebenso wie die früher studirten, Körner und Krystallfragmente von durchsichtigen Mineralien umschliessen, von welchen neben zahlreichen wasserklaren mit sehr verschiedenen optischen Eigenschaften, welche als Quarz, Zirkon etc. gedeutet wer können, namentlich fleckig blau gefärbte, pleochroïtische Körner und ei

rhombische und monokline Pyroxene vorherrschen. Die Angreifbarkeit der untersuchten Meteoreisen durch Säuren ist ohne nachweisbar erheblichen Unterschied in der chemischen Zusammensetzung sehr verschieden, und auch die früher ausgesprochene Ansicht, dass dem Kamazit eine constante Zusammensetzung nach der Formel $Fe_{14}Ni(Co)$ zukommt, lässt sich nach den Resultaten einiger neuen Analysen nicht aufrecht erhalten, vielmehr dürften auch hier Legirungen in wechselndem Verhältnisse vorliegen.

Ref.: E. Weinschenk.

9. E. von Fedorow (in Moskau): **Minimumproblem in der Lehre von der Symmetrie** (Neues Jahrb. f. Min. etc. 1894, 1, 56—78).

Von verschiedenen Autoren, so von Curie, Ostwald, O. Lehmann u. a., wird darauf hingewiesen, dass bei der Krystallbildung das Princip der kleinsten Oberfläche zur Anwendung kommt. Verf. zeigt, dass gleich grosse Körper von höherer Symmetrie im Allgemeinen eine kleinere Oberfläche haben. Dies bezieht sich nicht nur auf den ganzen Krystall, sondern auch auf die Oberflächen der Molekelsphären. Prendel bemerkt (diese Zeitschr. 18, 449): »Wenn wir annehmen, dass überhaupt bei der Erhöhung der Symmetrie in einem Krystallkörper seine relative Oberfläche kleiner wird, so müssen ceteris paribus diejenigen Krystallkörper stabiler sein, die zu den Systemen der höheren Symmetrie gehören.«

Verf. führt den Nachweis, dass bei gleichem Volumen das dem triklinen System angehörende schiefe Parallelepipedon eine grössere Oberfläche besitzt, als das dem monoklinen System angehörende gerade Parallelepipedon; dass dieses eine grössere Oberfläche besitzt als das rechtwinklige Parallelepipedon des rhombischen Systems; letzteres eine grössere Oberfläche als das tetragonale Prisma, und dass endlich der reguläre Würfel bei gleichem Volumen von den erwähnten Formen die kleinste Oberfläche besitzt.

Die Gesammtheit der durch Deformation aus einer krystallographischen Figur hervorgehenden krystallographischen Figuren, bei welchen das Volumen constant bleibt, nennt Verf. der ersteren »krystallographisch projectiv«. Er zeigt, dass unter sämmtlichen krystallographischen Figuren, welche einer eine Symmetrieebene besitzenden Figur krystallographisch projectiv sind, die letztere die kleinste Oberfläche besitzt.

Bei den Systemen mit nur einer Hauptaxe muss dann aber vorausgesetzt werden, dass die Lagen der Hauptflächen, d. h. der zu der Hauptaxe normalen Flächen, constant bleiben.

Ref.: J. Beckenkamp.

10. W. Voigt (in Göttingen): **Ueber eine anscheinend nothwendige Erweiterung der Theorie der Elasticität** (Wiedem. Ann. d. Phys. 1894, 52, 536—555. Fortsetzung Nachr. von d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1894, 33—43).

Die Elasticitätstheorie geht von der Annahme aus, dass die elastischen Drucke an einer Stelle 1) nur von dem Zustande in unmittelbarer Umgebung des Punktes abhängen und zwar 2) einfach proportional den dort stattfindenden Verschiebungen seien.

Die erstere Voraussetzung aufzugeben, liegt kein Grund vor; dann bleiben die allgemeinen Beziehungen bestehen zwischen den Druckcomponenten und dem elastischen Potential F:

$$X_z = -\frac{\partial F}{\partial x_z}, \ldots \quad X_y = -\frac{\partial F}{\partial x_y}.$$

Lässt man auch die zweite Annahme gelten, dann setzt man bekanntlich das Potential F als eine Function zweiten Grades der Deformationen. Bei Steinsalz hat die Beobachtung die Proportionalität zwischen den ausübenden Kräften und den hervorgerufenen Deformationen bestätigt. Bei Beobachtungen an anderen Körpern scheint diese Proportionalität dagegen nicht vollständig zu sein. Verf. setzt deshalb nunmehr das Potential F nicht als Function zweiten, sondern als solche zweiten und höheren, zunächst dritten Grades.

Setzt man $\delta = x_x + y_y + z_z$,

$$\eta = y_y z_z + z_z x_x + x_x y_y - \tfrac{1}{4}(y_z^2 + z_x^2 + x_y^2),$$
$$\zeta = x_x y_y z_z + \tfrac{1}{4}\, y_z z_x x_y - \tfrac{1}{4}(x_x y_z^2 + y_y z_x^2 + z_z x_y^2),$$
$$\vartheta = \delta^2 - 2\eta,$$

so wird nach einem Satze von Stickelberger, wenn man sich nur auf die Zusatzglieder dritten Grades beschränkt, und c_1 etc. Constanten bedeuten,

$$2F = c_1 \delta^2 + c_2 \vartheta + \tfrac{2}{3} c_1' \delta^3 + c_2' \vartheta \delta + 2 c_3' \zeta.$$

Verf. leitet aus diesem erweiterten Potentiale die Ausdrücke der Druckcomponenten und die allgemeinen Gleichungen der Dehnung, Biegung und Drillung von Stäben ab.

Ref.: J. Beckenkamp.

11. Derselbe: Piëzo- und Pyroëlektricität, diëlektrische Influenz und Elektrostriction bei Krystallen ohne Symmetriecentrum (Nachr. v. d. K. Ges. d. Wiss. z. Göttingen 1894, 343—372).

In seiner früheren Abhandlung über das piëzo- und pyroëlektrische Verhalten der Krystalle beschränkt sich Verf. auf die Annahme, dass nur die directen Einwirkungen der Deformationen resp. der Temperaturänderungen in Betracht kommen, die indirecten dagegen, nämlich die elektrischen und mechanischen Wirkungen, welche die primär erregte elektrische Vertheilung ihrerseits übt, vernachlässigt werden dürfen. Verf. lässt jetzt diese Beschränkung fallen und sucht strenge, allgemeine Formeln der Piëzo- und Pyroëlektricität aufzustellen. Speciell dürften folgende zwei Sätze allgemeines Interesse bieten:

Ein unendlich langer Kreiscylinder, aus einem acentrischen Krystall in beliebiger Orientirung hergestellt, wird durch longitudinalen Zug oder Druck, wenn überhaupt, jederzeit derartig erregt, dass er sich in zwei Hälften von entgegengesetzt gleichem elektrischen Verhalten theilt.

Durch gleichförmige Biegung und Drillung wird derselbe Kreiscylinder, wenn überhaupt, stets derartig elektrisch erregt, dass er sich in vier gleiche Theile von entgegengesetztem elektrischen Verhalten theilt.

Diese beiden Sätze, die also auch bei Berücksichtigung der erwähnten secundären Vorgänge strenge Geltung behalten, haben auch angenäherte Richtigkeit bei endlicher Länge des Cylinders, so lange nur der Durchmesser klein gegen die Länge ist, und sein Verhalten blos in der Nähe seiner Mitte untersucht wird.

Ref.: J. Beckenkamp.

12. A. Abt (in Klausenburg): **Magnetisches Verhalten des Moraviczaer Magnetit und des Stahles bei starken magnetischen Kräften und deren mag-**

netische Momente in absolutem Maasse[1] (aus Abh. des Siebenbürger Museum-Vereins. II. naturw. Section 1893, 2. Heft, abgedr. Wiedem. Ann. d. Phys. 1894, 52, 749—757).

Verf. schliesst aus seinen Beobachtungen, dass der spec. Magnetismus des Magnetit mit der Länge des Stabes zunehme, dass aber diese Zunahme nicht so bedeutend sei wie bei Stahl. Bei kürzeren Stäben ist der permanente Magnetismus des Magnetits grösser als bei Stahl. Derselbe nimmt bei Anwendung gleich starker entmagnetisirender Kräfte beim Magnetit rascher ab als bei Stahl.

Bei allmählich ansteigenden magnetisirenden Kräften wird das Maximum des permanenten Magnetismus bei Magnetit bald früher, bald später erreicht als bei Stahl.

Ref.: J. Beckenkamp.

18. O. Lehmann (in Karlsruhe): **Ueber künstliche Färbung von Krystallen** (Wiedem. Ann. d. Phys. 1894, 51, 45—76).

Nach der am meisten angenommenen Vorstellung ist das Wesen eines Krystalles durch die regelmässige Anordnung seiner Moleküle bedingt; Polymorphie müsste demnach durch Annahme verschiedener Gleichgewichtsanordnungen derselben Moleküle erklärt werden. Da nun aber unter Umständen die verschiedenen Modificationen noch in Lösung fortbestehen, so können dieselben sich nicht blos durch die Anordnung der Moleküle unterscheiden. Verf. kommt zu dem Schlusse, dass für jedes Molekularsystem nur eine einzige Gleichgewichtslage möglich sei, und dass die Eigenschaften eines Krystalls in erster Linie durch die Beschaffenheit der Moleküle selbst bedingt sein müssen.

Die Bildung von Mischkrystallen chemisch nicht analog zusammengesetzter Stoffe muss nach Ansicht des Verf. genau ebenso möglich sein, wie die Mischung chemisch nicht analog zusammengesetzter Flüssigkeiten; nur muss bei beträchtlicher Verschiedenheit der Constitution das Mischungsverhältniss im Allgemeinen ein beschränktes sein.

Verf. beobachtet, dass (besonders auffallend bei der Färbung von Salmiak mit Eisenchlorid) die Krystalle viel dunkler gefärbt sind als die umgebende Lösung, und folgert daraus, dass die Färbung unmöglich durch mechanische Einschliessung von Mutterlauge oder durch feine, in den Krystallen suspendirte Farbstoffpartikelchen hervorgebracht sein könne. In manchen Fällen ist die Anziehung des Farbstoffs durch den Krystall eine so intensive, dass die sehr dunkel gefärbte Lösung in der Nähe der Krystalle nahezu oder völlig entfärbt wird. Unter anderem wurde die Erscheinung beobachtet an: Meconsäure, Hippursäure, Phtalsäure, Bernsteinsäure, schwefelsaurem Chinin, Maleïnsäure, Anilsäure, Veratrinsäure, Sulfocarbamid, Succinimid, Protocatechusäure, Papaverin, Mesaconsäure, Hämatoxylin, Benzoïn, Narceïn, mesaconsaurem Narceïn; die genannten Stoffe wurden durch verschiedene Farbstoffe gefärbt.

Ist beispielsweise die krystallisirende Substanz Meconsäure, der zugesetzte Farbstoff Saffranin, so besitzt die gemischte Lösung nicht nur einen Sättigungspunkt in Bezug auf Saffraninkrystalle, sondern auch in Bezug auf Meconsäurekrystalle. Es scheidet sich immer diejenige Substanz aus, in Bezug auf welche die Lösung gesättigt ist. Aus alkoholischer Fuchsinlösung nimmt Seide kein Fuchsin auf, nach Ansicht des Verf., weil der Sättigungspunkt der Lösung in Bezug auf Seide nicht erreicht wird. Wässrige Fuchsinlösung ist in Bezug auf Seide

[1] Aus dem ungar. Text kürzer bereits S. 94 referirt.

stark übersättigt und scheidet daher rasch allen Farbstoff auf der Faser und in den feinen Poren derselben ab. Der Sättigungspunkt der Fabstofflösung in Bezug auf einen Krystall ist auf verschiedenen Flächen desselben verschieden; infolge dessen bilden sich farbige Sectoren. Zuweilen bilden sich auch geschichtete Krystalle aus abwechselnden Lagen von Grundsubstanz und Farbstoffkrystallen.

Ref.: J. Beckenkamp.

14. **A. König** (in Berlin): **Ein neues Spectralphotometer** (Wiedem. Ann. d. Phys. 1894, **53**, 785—792).

Das Collimatorrohr besitzt übereinander zwei verticale Spalte. Zwischen das Flintglasprisma und das Collimatorrohr ist ein Rochon'sches doppeltbrechendes Kalkspathprisma, und zwischen das Flintglasprisma und das Ocularrohr ein Doppelprisma aus Glas eingeschaltet. Letzteres besteht aus zwei rechtwinkeligen Prismen, die mit ihren kürzeren Kathetenflächen so aufeinander liegen, dass die längeren Kathetenflächen in einer Ebene liegen. Bei dieser Anordnung entstehen im Ganzen acht Bilder, von welchen die eine Hälfte horizontal, die andere vertical polarisirt ist. Die Anordnung ist so getroffen, dass das von dem oberen Prisma kommende horizontal polarisirte Bild des unteren Spaltes zusammenfällt mit dem von dem unteren Prisma kommenden vertical polarisirten Bilde des oberen Spaltes. Beide Spalte werden mit je einer der zu vergleichenden Lichtquellen beleuchtet. An der S beelle, wo dieiden erwähnten Bilder zusammenfallen, ist im Ocular ein Spalt so tangebracht, dass diese beiden allein ins Auge kommen. Sieht man durch diesen Spalt nach den beiden Prismenflächen, so erscheinen dieselben im Allgemeinen verschieden hell. Hält man aber zwischen Auge und Ocularspalt einen Nicol, so kann man durch Drehen desselben beide Flächen gleich hell erscheinen lassen. Aus dem Winkel, um welchen man hierbei den Nicol drehen muss, kann man das Helligkeitsverhältniss der beiden Lichtquellen bestimmen; durch Drehen des Ocularrohres wird die Einstellung für die verschiedenen Spectralgebiete bewirkt.

Ref.: J. Beckenkamp.

15. **B. Brunhes** (in Dijon): **Ueber die Prüfung des Parallelismus von Quarzplatten** (Sur la vérification des Quartz parallèles. Journal de physique 1894, **3**, 22—28).

Nachstehendes Verfahren soll dazu dienen, zu erkennen, mit welcher Genauigkeit eine einaxige Krystallplatte parallel zur Axe geschliffen ist. Ein paralleles Lichtbündel, welches in der Einfallsebene polarisirt ist, falle unter 45° auf eine planparallele Platte. Das senkrecht zur Einfallsrichtung reflectirte Bündel werde dann durch einen Nicol geschickt, dessen Polarisationsrichtung senkrecht zur Einfallsebene steht, und darauf durch ein Spectroskop beobachtet. Das an der Oberfläche reflectirte Licht wird hierdurch ausgelöscht, und es bleibt nur dasjenige übrig, welches in die Krystallfläche eingetreten und an der Rückfläche reflectirt wurde.

Ist die Platte genau parallel zur optischen Axe, so ändert sich die Erscheinung nicht, wenn Analysator und Polarisator gleichzeitig um 90° gedreht werden, und ebenso auch dann nicht, wenn die Platte in ihrer Ebene um 180° gedreht wird. Man erhält ein cannelirtes Spectrum, welches dieselben schwarzen Banden besitzt, als wenn man bei durchgehendem Lichte eine gleiche Platte von doppelter Dicke untersuchte. Wenn aber die Platte fehlerhaft geschliffen ist, so sind die geradzähligen Streifen nach der einen Seite, die ungeraden nach der

anderen Seite verschoben. Dreht man darauf beide Nicols um 90°, so ist die Verschiebung genau entgegengesetzt. Je dicker die Platte, um so empfindlicher ist die Methode. Bei derselben Platte wird die Empfindlichkeit durch Eintauchen in Schwefelkohlenstoff vermehrt.

Ref.: J. Beckenkamp.

16. **G. Wyrouboff** (in Paris): **Ueber einen neuen Körper mit doppeltem Drehungsvermögen** (Sur un nouveau corps à double pouvoir rotatoire. Journal de physique 1894, 3, 451—455).

Das optische Drehungsvermögen wird entweder durch Dissymmetrie des chemischen Moleküls oder durch die Structur des Krystalles erklärt. Sei α' das specifische Drehungsvermögen eines Krystalles und α das specifische molekulare Drehungsvermögen, so müsste nach Ansicht des Verf. im ersteren Falle bei Substanzen, die zugleich im festen und gelösten Zustande drehen, das Verhältniss $\frac{\alpha'}{\alpha}$ bei allen Körpern mit doppeltem Drehungsvermögen constant bleiben, und es könnte keine Körper geben, welche im festen und gelösten Zustande in entgegengesetztem Sinne drehten. Die bisher bekannten Körper, das Strychninsulfat und der Maticocampher, sind im festen und gelösten Zustande linksdrehend. Das Succinat des Apocinchonins ist gelöst und fest rechtsdrehend. Bei keinem dieser Körper lässt sich das oben erwähnte Verhältniss genau bestimmen. Das vom Verf. untersuchte weinsaure Rubidium dagegen ist entweder im festen Zustande linksdrehend und giebt dann eine rechtsdrehende Lösung, oder, wenn es aus Linksweinsäure dargestellt wird, dann sind die Krystalle rechtsdrehend und geben eine linksdrehende Lösung.

Für das rechtsweinsaure Salz fand Verf. bei einer 10 procentigen Lösung $\alpha_D = + 20,1^0$, für die Lösung des anderen Salzes $\alpha_D = - 20,2^0$. Aus diesen Werthen und der Dichte der Krystalle (2,731) würde sich für einen festen Körper von 1 mm Dicke bei dem rechtsdrehenden Körper eine Drehung von $+ 0,548^0$, bei dem linksdrehenden eine solche von $- 0,550^0$ berechnen. Verf. beobachtete bei dem ersteren $\alpha_D = - 10,7^0$, bei dem andern $\alpha_D = + 10,5^0$. Das genannte Verhältniss ist sonach in dem einen Falle $\frac{-10,7}{0,548} = -19,52$, im anderen Falle $\frac{10,5}{-0,55} = -19,09$.

Dieses Resultat führt nach Ansicht des Verf. zu einem Dilemma: Entweder sind die Ursachen, welche die Drehung im festen und flüssigen Zustande bewirken, verschieden, dann muss man für andere Körper ein anderes Verhältniss $\frac{\alpha'}{\alpha}$ bekommen, als vorhin, wo dasselbe beidemale 19 bis 20 war; oder aber jene Ursachen sind dieselben, dann kann aber die Structur des chemischen Moleküls nicht dazu dienen, die Drehung der Lösung zu erklären.

Ref.: J. Beckenkamp.

17. **H. Rubens** (in Berlin): **Zur Dispersion der ultrarothen Strahlen im Fluorit** (Wiedem. Ann. d. Phys. 1894, 51, 381—395).

Verf. hat bereits früher (vgl. diese Zeitschr. 23, 630) die Dispersion des Flussspathes im ultrarothen Spectrum bestimmt. Die damals gewonnenen Resultate zeigten bis zu $\lambda = 2,7\,\mu$ gute Uebereinstimmung mit der Briot'schen Gleichung:

$\frac{1}{n^2} = a + b\,l^{-2} + c\,l^2 + d\,l^{-4}$, worin $l = \frac{\lambda}{n}$ die Wellenlänge in dem betreffenden Medium bedeutet, und wenn für die Constanten a, b, c, d die Werthe Carvallo's eingesetzt werden,

$$a = +\,0{,}490335, \qquad b = -\,0{,}000713835$$
$$c = +\,0{,}001584, \qquad d = -\,0{,}0000000042.$$

Bei $\lambda = 5\,\mu$ ergaben sich dagegen schon Abweichungen von 10%.

Verf. bestimmt deshalb nochmals nach einem anderen Verfahren die Dispersion bei grösserer Wellenlänge. Aus einem durch ein Metallgitter erzeugten Spectrum wurde durch einen Spalt ein schmaler Streifen ausgesondert und dieser auf ein Flussspathprisma fallen gelassen. Dieser Streifen enthielt Farben verschiedener Ordnung, z. B. bei einer Beobachtung enthielt er einen rothen Streifen siebenter Ordnung, einen grünen neunter Ordnung und einen blauen elfter Ordnung. Aus der Ablenkung dieser sichtbaren Streifen im Flussspathspectrum konnten die drei betreffenden Wellenlängen zu $\lambda_7 = 0{,}648\,\mu$, $\lambda_9 = 0{,}502\,\mu$, $\lambda_{11} = 0{,}411\,\mu$ bestimmt werden. Wenn nun durch dieselbe Spaltöffnung auch ein ultrarother Streifen erster Ordnung gelangt, so muss, da der Abstand der einzelnen Maxima eines Gitterspectrums der Wellenlänge direct proportional ist, die Wellenlänge jenes gleich sein $\lambda_1 = 7 \times 0{,}648 = 9 \times 0{,}502 = 11 \times 0{,}411$, im Mittel gleich $4{,}52\,\mu$. Somit war die Wellenlänge des auf das Flussspathprisma fallenden ultrarothen Streifens erster Ordnung bekannt. Seine Ablenkung im Prisma wurde mit Hilfe des Bolometers bestimmt. Die so gefundenen zusammengehörigen Werthe für l und n stimmen bis zur Grenze der genaueren Beobachtungsmöglichkeit, d. h. bis $\lambda = 6{,}48\,\mu$ sehr gut mit der Briot'schen Formel überein. Da Ketteler nachgewiesen hat, dass dieselbe auch für das äusserste Violett Gültigkeit hat, so glaubt Verf., dass man die Briot'sche Formel bis zum Beginne des Absorptionsgebietes, etwa bis $\lambda = 9\,\mu$, extrapoliren dürfte.

Ref.: J. Beckenkamp.

18. Derselbe: Prüfung der Ketteler-Helmholtz'schen Dispersionsformel (Wiedem. Ann. d. Phys. 1894, 53, 267—286).

Wenn man auf dem der Untersuchung zugänglichen Spectralgebiete die Reibungsconstante und den Extinctionscoëfficienten vernachlässigen kann, dann wird nach Ketteler die Abhängigkeit des Brechungsquotienten n von der Wellenlänge λ ausgedrückt durch:

$$(1) \qquad n^2 = n_\infty^2 + \sum_m \frac{M_m}{\lambda^2 - \lambda_m^2}\,.$$

Praktisch genügt es, die Summe Σ auf zwei Glieder zu beschränken, von denen das eine ein λ_m mit erheblich grösserem, das andere ein λ_m mit erheblich kleinerem Werthe hat, als die Grösse λ ist, deren Brechungsexponent bestimmt werden soll. Liege also etwa λ_1 im Ultravioletten, λ_2 im Ultrarothen, so lautet die Gleichung:

$$(2) \qquad n^2 = n_\infty^2 + \frac{M_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{M_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2}$$

oder

$$(3) \qquad n^2 = n_\infty^2 + \frac{M_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} - \left(\frac{M_2}{\lambda_2^2} + \frac{M_2\,\lambda^2}{\lambda_2^4} + \frac{M_2\,\lambda^4}{\lambda_2^6} + \cdots\right)$$

oder angenähert

(4) $$n^2 = a^2 + \frac{M_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} - k\lambda^2,$$

worin $$a^2 = n_\infty^2 + \frac{M_2}{\lambda_2^2}, \quad k = \frac{M_2}{\lambda_2^4}.$$

Ist die Substanz weniger gut diatherman, d. h. liegt die Absorption im Ultrarothen näher am sichtbaren Spectrum, dann muss ein weiteres Glied hinzugefügt werden; also wird dann:

(5) $$n^2 = a^2 + \frac{M_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} - k\lambda^2 - k_1\lambda^4,$$

wobei $$k_1 = \frac{k}{\lambda_2^2}.$$

Verf. prüft diese Formeln an Flussspath, verschiedenen Gläsern, Quarz, Steinsalz und Sylvin. Für Flussspath und Quarz benutzt er hierbei im Ultravioletten die älteren Beobachtungen Sarasin's. Für das Ultraroth erweiterte er seine eigenen früheren Beobachtungen (vgl. diese Zeitschr. **28**, 630), bedient sich indessen nicht der damals angewendeten Methode.

Die Strahlen eines Linnemann'schen Zirkonbrenners wurden durch eine Steinsalzlinse auf einem Spalt s_1 concentrirt, welcher sich im Brennpunkte eines Hohlspiegels befand. Von hier wurden sie parallel reflectirt und durchsetzten ein Gitter, das auf dem Tischchen eines Spectrometers stand, und fielen dann auf einen zweiten drehbaren Hohlspiegel M_2. Im Brennpunkte dieses letzteren war ein zweiter Spalt s_2 aufgestellt; in der Spaltebene von s_2 wurde somit ein reines Gitterspectrum erzeugt, und der Spalt s_2 liess nur Strahlen von einer bestimmten Wellenlänge durch; letztere wurden aus der Gitterconstante und der am Spectrometer abgelesenen Ablenkung berechnet. Auf der anderen Seite des Spaltes s_2 stand ein Hohlspiegel N_1 so, dass s_2 auch im Brennpunkte von N_1 war. Die von N_1 parallel reflectirten Strahlen fielen auf ein Flussspathprisma, das auf dem Tischchen eines zweiten Spectrometers stand, dann auf einen Hohlspiegel N_2 und wurden von hier auf ein Bolometer reflectirt. Hierdurch wurde die Ablenkung derjenigen Strahlen im Flussspathprisma erkannt, deren Wellenlänge, wie erwähnt, durch das erste Spectrometer bestimmt war.

Bezüglich der gefundenen zusammengehörigen Werthe von n und λ möge auf die Tabellen des Originals (für Flussspath S. 273, für Quarz ordentl. Strahl S. 277, für Steinsalz S. 278, für Sylvin S. 279) verwiesen werden.

Während für Flussspath, Steinsalz und Sylvin nach Ansicht des Verf. die Formel (4) im ganzen Beobachtungsgebiete genügt, musste für Quarz die Gleichung (5) zu Grunde gelegt werden.

Verf. zieht aus den Beobachtungen den Schluss, dass die Ketteler'schen Formeln allen Anforderungen genügen. Ketteler hat neuerdings gezeigt, dass die von Helmholtz auf Grundlage der elektromagnetischen Lichthypothese entwickelte Theorie der Dispersion zu genau denselben Schlussfolgerungen führt, wie seine eigene auf elastisch-optischer Basis ruhende Dispersionslehre.

Ref.: J. Beckenkamp.

19. F. Paschen (in Hannover): **Ueber die Dispersion des Fluorit im Ultraroth** (Wiedem. Ann. d. Phys. 1894, **53**, 301—333).

Wenn eine sichtbare Linie von der Wellenlänge λ und der Ordnung m eines

Gitterspectrums auf den Spalt eines Prismenapparates fällt, dann fallen bekanntlich zugleich mit ihr Linien von der Wellenlänge $\frac{m}{n}\lambda$ auf denselben Spalt, wo n alle ganzen Zahlen von 1 an durchläuft. Diese Linien, deren Wellenlänge somit bekannt ist, wenn man λ kennt, werden in einem Prisma verschieden abgelenkt und bilden auch im Ultrarothen eine Reihe von Linien, deren Lage durch das Bolometer bestimmt werden kann. Wenn man nach einander alle Ordnungen m und n für dasselbe λ durchmisst, so erhält man denselben Streifen mehrmals und hat dann eine gute Controle. Bei der Erzeugung des Gitterspectrums mit Hülfe eines Rowland'schen Hohlspiegels und auch bei dem Prismenapparate vermied Verf. die Anwendung von Linsen. Die Messung geschah derart, dass etwa die D-Linie 13ter Ordnung auf einen Spalt projicirt wurde. Alsdann wurde die Natriumflamme durch eine an ultrarothen Strahlen reiche Energiequelle ersetzt, und bolometrisch die vom Prisma erzeugten Streifen maximaler Energie bestimmt. Zur Erzeugung ultrarother Strahlen eignet sich glühende Kohle (Bogenlicht) am besten; etwas weniger gut, aber immerhin sehr reich an ultrarothen Strahlen fand Verf. erhitzte Oxydoberflächen; er bediente sich deshalb eines mit Eisenoxyd überzogenen Platinstreifchens, welches durch einen constanten galvanischen Strom erhitzt wurde.

Das Steinsalzspectrum erstreckt sich viel weiter ins Ultraroth als das Flussspathspectrum; dagegen nimmt die Dispersion des Steinsalzes, die im sichtbaren Gebiete sehr gross ist, im Ultrarothen sehr schnell ab. Aehnlich verhält sich das Sylvinspectrum. Dagegen ist die Dispersion des Flussspathes im Roth und ersten Ultraroth gering, wächst aber dann beständig und ist im Gebiete von 2 μ Wellenlänge schon dem Steinsalzspectrum überlegen. Indessen schon bei 8 μ wird die Intensität des Flussspathspectrums sehr viel schwächer und hört bei 10 μ gänzlich auf. Im Gegensatz zu Rubens kommt Verf. aus seinen Beobachtungen zu dem Resultate, dass die Dispersionsformeln von Briot, Ketteler und Helmholtz nicht genügen, wenn man gleichzeitig durch dieselben Constanten das ganze Gebiet vom äussersten Ultraviolett bis zum äussersten Ultraroth bestimmen will, dass ferner die Abweichungen zwischen der Briot'schen Formel und den Beobachtungen sehr enge mit der Absorption verknüpft sind.

Ref.: J. Beckenkamp.

20. Derselbe: Ueber die Dispersion des Steinsalzes im Ultraroth (Wiedem. Ann. d. Phys. 1894, **53**, 337—342).

Verf. findet, dass die Dispersion des Steinsalzes jenseits 5 μ wieder zunimmt, dass also die Dispersionscurve des Steinsalzes eine ähnliche Inflexionsstelle besitzt, wie die des Flussspathes.

Ref.: J. Beckenkamp.

21. H. Th. Simon (in Berlin): **Ueber Dispersion ultravioletter Strahlen** (Inaug.-Dissertation. Auszug in Wiedem. Ann. d. Phys. 1894, **53**, 542—558).

Durch Verdampfen von Zink und Cadmium im Flammenbogen wurden Strahlen von bestimmten Wellenlängen erzeugt. Durch achromatische, nach Angaben von Abbe construirte Quarz-Flussspathlinsen und durch Prismen von verschiedenen Glassorten, von Quarz und von Flussspath wurden Linienspectren hervorgebracht und auf Schleussnerplatten photographirt.

Aus den Ablenkungen wurden dann die Brechungsexponenten berechnet.

Die Resultate zeigen im Allgemeinen gute Uebereinstimmung mit den von Sarasin mit Hülfe der Fluorescenz gefundenen Werthen. Verf. glaubt, dass durch geeignete Wahl der Coëfficienten die Dispersionsformeln von Briot und Ketteler befriedigt würden.

Ref.: J. Beckenkamp.

22. F. Paschen (in Hannover): **Die Dispersion des Fluorits und die Ketteler'sche Theorie der Dispersion** (Wiedem. Ann. d. Phys. 1894, **53**, 812—822).

Die Briot'sche Formel:

$$\frac{1}{n^2} = -dl^{-4} - bl^{-2} + a + cl^2$$

bezieht sich auf völlig durchsichtige Körper, kann also in der Nähe eines Absorptionsgebietes nicht brauchbar sein. Die neueren Theorien stellen den Zusammenhang zwischen der Absorption und der Refraction dadurch her, dass sie ein Mitschwingen der Körpermoleküle annehmen; es muss dann ein neues Glied el^4 hinzugefügt werden. Dasselbe leistet auch die Ketteler'sche Formel (5) Seite 442. Rubens glaubte für Flussspath mit Formel (4) auszukommen; Verf. hält auf Grund seiner Beobachtungen die Formel (5) für nöthig.

Ref.: J. Beckenkamp.

23. F. Pockels (in Göttingen): **Ueber den Einfluss des elektrostatischen Feldes auf das optische Verhalten piëzoëlektrischer Krystalle** (Preisaufgabe der königl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Abhandl. d. kgl. Ges. d. Wiss. zu Gött. 1894, **39**, 1—204).

Von W. C. Röntgen (vergl. diese Zeitschr. **9**, 417) und A. Kundt (diese Zeitschr. **9**, 416) wurde beobachtet, dass die Doppelbrechung des Quarzes in einem elektrischen Felde, dessen Kraftlinien senkrecht zur Hauptaxe verlaufen, eine Aenderung erleidet. Vorliegende Arbeit soll die Frage entscheiden, ob die elektrooptischen Erscheinungen in piëzoëlektrischen Krystallen nur die Folge der im elektrischen Felde eintretenden Deformationen sind, oder ob auch eine directe Einwirkung der elektrostatischen Kräfte auf die Lichtbewegung dabei stattfindet.

Die Schwingungsrichtung und Fortpflanzungsgeschwindigkeit für eine beliebige Wellennormalenrichtung kann durch das von F. Neumann eingeführte Ovaloid angegeben werden.

Sind μ^0, ν^0, π^0 die Richtungscosinus des Radiusvectors ϱ, so ist

$$\varrho^0 = B_{11}\mu^{0^2} + B_{22}\nu^{0^2} + B_{33}\pi^{0^2} + 2B_{23}\nu^0\pi^0 + 2B_{31}\pi^0\mu^0 + 2B_{12}\mu^0\nu^0$$

die Gleichung des Ovaloids in Bezug auf irgend ein rechtwinkliges Coordinatensystem X^0, Y^0, Z^0. Erleidet das optische Verhalten durch irgend welche äussere Einwirkungen — mechanische oder elektrostatische — kleine Aenderungen, so sind die Grössen B_{hk} als Functionen derjenigen Grössen anzusehen, durch welche jene Einwirkungen gemessen werden, im Falle mechanischer Einwirkungen Functionen der elastischen Deformationen x_x, y_y, z_z, y_z, z_x, x_y, im Falle elektrischer Einwirkungen Functionen der auf die Volumeinheit bezogenen inducirten elektrischen Momente a, b, c. Zu Coordinatenaxen X^0, Y^0, Z^0 sollen die ursprünglichen optischen Symmetrieaxen gewählt werden. Dann müssen bei verschwindender äusserer Einwirkung die Grössen B_{23}, B_{31}, B_{12} verschwinden, B_{11}, B_{22}, B_{33} in die Quadrate der ursprünglichen Hauptlichtgeschwindigkeiten $\omega_x^{0^2}$, $\omega_y^{0^2}$, $\omega_z^{0^2}$ übergehen.

Wir erhalten daher folgende allgemeine Ansätze für die optische Wirkung elastischer Deformationen:

$$\begin{aligned}
B_{11} - \omega_x^{0\,2} &= a_{11} x_x + a_{12} y_y + a_{13} z_z + a_{14} y_z + a_{15} z_x + a_{16} x_y \\
B_{22} - \omega_y^{0\,2} &= a_{21} x_x + a_{22} y_y + a_{23} z_z + a_{24} y_z + a_{25} z_x + a_{26} x_y \\
B_{33} - \omega_z^{0\,2} &= a_{31} x_x + a_{32} y_y + a_{33} z_z + a_{34} y_z + a_{35} z_x + a_{36} x_y \\
B_{23} &= a_{41} x_x + a_{42} y_y + a_{43} z_z + a_{44} y_z + a_{45} z_x + a_{46} x_y \\
B_{31} &= a_{51} x_x + a_{52} y_y + a_{53} z_z + a_{54} y_z + a_{55} z_x + a_{56} x_y \\
B_{12} &= a_{61} x_x + a_{62} y_y + a_{63} z_z + a_{64} y_z + a_{65} z_x + a_{66} x_y
\end{aligned} \tag{1}$$

und für die optische Wirkung diëlektrischer Polarisation

$$\begin{aligned}
B_{11} - \omega_x^{0\,2} &= e_{11} a + e_{12} b + e_{13} c \\
B_{22} - \omega_y^{0\,2} &= e_{21} a + e_{22} b + e_{23} c \\
B_{33} - \omega_z^{0\,2} &= e_{31} a + e_{32} b + e_{33} c \\
B_{23} &= e_{41} a + e_{42} b + e_{43} c \\
B_{31} &= e_{51} a + e_{52} b + e_{53} c \\
B_{12} &= e_{61} a + e_{62} b + e_{63} c\,.
\end{aligned} \tag{2}$$

Die 36 Constanten a_{hk} werden piëzooptische, die 18 Constanten e_{hk} elektrooptische Constanten genannt.

Die elektrischen Momente a, b, c stehen mit den elastischen Druckcomponenten X_x etc. bekanntlich durch folgende drei Gleichungen in Beziehung:

$$\begin{aligned}
a &= -(\delta_{11} X_x + \delta_{12} Y_y + \delta_{13} Z_z + \delta_{14} Y_z + \delta_{15} Z_x + \delta_{16} X_y) \\
b &= -(\delta_{21} X_x + \delta_{22} Y_y + \delta_{23} Z_z + \delta_{24} Y_z + \delta_{25} Z_x + \delta_{26} X_y) \\
c &= -(\delta_{31} X_x + \delta_{32} Y_y + \delta_{33} Z_z + \delta_{34} Y_z + \delta_{35} Z_x + \delta_{36} X_y)\,.
\end{aligned} \tag{3}$$

Die 18 Constanten δ_{hk} heissen die piëzoëlektrischen Moduln.

Abgesehen vom monoklinen und triklinen Systeme fallen die optischen und elektrischen Symmetrieaxen zusammen.

Bezeichnen $\varkappa_1, \varkappa_2, \varkappa_3$ die Inductionsconstanten für die Richtungen X^0, Y^0, Z^0, welche mit den Hauptdiëlektricitätsconstanten K_h durch die Relation $1 + 4\pi\varkappa_h = K_h$ verbunden sind, so sind die Deformationen x_x etc., welche in Folge der diëlektrischen Polarisation a, b, c auftreten, bestimmt durch die Gleichungen

$$\begin{aligned}
x_x &= \frac{\delta_{11}}{\varkappa_1} a + \frac{\delta_{21}}{\varkappa_2} b + \frac{\delta_{31}}{\varkappa_3} c \\
y_y &= \frac{\delta_{12}}{\varkappa_1} a + \frac{\delta_{22}}{\varkappa_2} b + \frac{\delta_{32}}{\varkappa_3} c \\
z_z &= \frac{\delta_{13}}{\varkappa_1} a + \frac{\delta_{23}}{\varkappa_2} b + \frac{\delta_{33}}{\varkappa_3} c \\
y_z &= \frac{\delta_{14}}{\varkappa_1} a + \frac{\delta_{24}}{\varkappa_2} b + \frac{\delta_{34}}{\varkappa_3} c \\
z_x &= \frac{\delta_{15}}{\varkappa_1} a + \frac{\delta_{25}}{\varkappa_2} b + \frac{\delta_{35}}{\varkappa_3} c \\
x_y &= \frac{\delta_{16}}{\varkappa_1} a + \frac{\delta_{26}}{\varkappa_2} b + \frac{\delta_{36}}{\varkappa_3} c\,.
\end{aligned} \tag{4}$$

Kennt man die Grössen δ_{hk} und die Diëlektricitätsconstanten K_h, so kann man die durch a, b, c hervorgebrachten Deformationen x_x etc. berechnen; durch Einsetzen der so gefundenen Werthe x_x etc. in die Gleichungen (1) erhält man dann die in Folge der Deformationen hervorgebrachten optischen Einwirkungen. Man kann diese auf die Form bringen: $B_{11} - \omega_x{}^{02} = e_{11}{}'a + e_{12}{}'b + e_{13}{}'c$, etc.,

wenn gesetzt wird

$$e'_{mn} = \frac{1}{\varkappa_n} \sum_1^6 h\, a_{mh}\, \delta_{nh} \quad (m = 1, 2 \ldots 6;\ n = 1, 2, 3). \tag{5}$$

Wenn nun die diëlektrische Polarisation keine directe optische Wirkung hat, sondern nur infolge der mechanischen Deformation auf die optischen Eigenschaften einwirkt, dann müssen die so berechneten Grössen e'_{mn} mit den durch unmittelbare Beobachtung aus den Gleichungen (2) sich ergebenden Werthen von e_{mn} übereinstimmen.

In den Gleichungen (1) sind Beziehungen für die Deformationen x_x etc., in den Gleichungen (3) für die Druckcomponenten X_x etc. enthalten. Es bedarf daher auch noch der Kenntniss der Beziehungen zwischen den Grössen x_x etc. und den Componenten X_x. Diese sind bekanntlich gegeben durch die sechs Gleichungen

$$x_x = -(s_{11} X_x + s_{12} Y_y + s_{13} Z_z + s_{14} Y_z + s_{15} Z_x + s_{16} X_y)$$
etc.,

worin die 21 Grössen $s_{hk} = s_{kh}$ Elasticitätsmoduln genannt werden.

Zur Bestimmung der optischen Aenderungen $B_{hk} - \omega^0$ wurden im Wesentlichen die relativen Verzögerungen mit Hilfe eines Babinet'schen Compensators beobachtet.

Sollten die optischen Aenderungen durch diëlektrische Polarisation hervorgebracht werden, dann wurde die rechteckige Krystallplatte gewöhnlich zwischen zwei parallelen grösseren leitenden Platten gefasst, von denen die eine zur Erde abgeleitet, die andere mittelst einer Holtz'schen Maschine auf ein gemessenes Potential gebracht wurde. Die Bestimmung der Diëlektricitätsconstanten K_h für statische Ladungen, also auch der Constanten $\varkappa$, ist bekanntlich sehr unsicher; wenn jedoch die Krystallplatte unmittelbar zwischen den Metallplatten liegt, dann findet man direct die Grössen $\frac{-a}{\varkappa_1}$ etc., die in der obigen Rechnung gebraucht werden.

Die Bestimmung der piëzoëlektrischen Moduln δ_{hk} geschah nach den von E. Riecke und W. Voigt (vergl. diese Zeitschr. **22**, 184 und **28**, 633), die der piëzooptischen Constanten a_{hk} nach den vom Verf. früher (vergl. diese Zeitschr. **19**, 508; **21**, 134) angegebenen Methoden.

1. Beobachtungen am Natriumchlorat.

In Folge der Symmetrie wird hier $B_{11} = B_{22} = B_{33} = \omega^{02}$
$B_{23} = e_{41}a,\ B_{31} = e_{41}b,\ B_{12} = e_{41}c.$

Als $X^0 Y^0 Z^0$-Richtungen wurden die drei Würfelnormalen gewählt, und zur Festsetzung des Vorzeichens wurde angenommen, dass die Normale einer Tetraëderfläche (111) im ersten Oktanten des Coordinatensystems liege.

Verf. fand $\frac{e_{41}\varkappa}{v^2} = +1{,}19 . 10^{-5}$, wenn v die Lichtgeschwindigkeit bedeutet und das c.g.s.-System zu Grunde gelegt wird.

$$\delta_{14} = -4{,}84.10^{-8}, \quad a_{44} = 0{,}0197\, v^2,$$

folglich: $$\frac{e_{41}'\varkappa}{v^2} = \frac{a_{44}\delta_{14}}{v^2} = +\,0{,}0955.10^{-8}.$$

Die direct beobachtete optische Wirkung ist also zwölfmal so gross, wie die aus der im elektrischen Felde stattfindenden Deformation berechnete; es wirkt also beim Natriumchlorat diese Deformation quantitativ in anderer Weise auf das optische Verhalten ein, als eine gleiche, mechanisch erzeugte Deformation.

2. Beobachtungen am Quarz.

Die Z^0-Axe werde in die dreizählige, die x^0-Axe in eine zweizählige Symmetrieaxe gelegt; dann wird:

$$B_{11} - \omega_0{}^{02} = e_{11}\,a, \quad B_{22} - \omega_0{}^{02} = -\,e_{11}\,a, \quad B_{33} - \omega_e{}^{02} = 0,$$
$$B_{23} = e_{41}\,a, \quad B_{31} = -\,e_{41}\,b, \quad B_{12} = -\,e_{11}\,b.$$

An einer grösseren Platte wurde zunächst beobachtet, dass die in der Theorie vorausgesetzte Proportionalität des Gangunterschiedes mit dem Potentialgefälle wirklich vorhanden ist, und dass die optischen Aenderungen in der ganzen Ausdehnung der Platte constant sind. Es wurden dann ermittelt:

$$\frac{e_{11}\varkappa_1}{v^2} = +\,1{,}40.10^{-8}, \quad \frac{e_{41}\varkappa_1}{v^2} = +\,0{,}586.10^{-8},$$
$$\delta_{11} = -\,6{,}27.10^{-8}, \quad \delta_{14} = +\,1{,}925.10^{-8},$$
$$\frac{a_{11}-a_{12}}{v^2} = -\,0{,}117, \quad \frac{a_{14}}{v^2} = -\,0{,}035, \quad \frac{a_{41}}{v^2} = -\,0{,}044, \quad \frac{a_{44}}{v^2} = -\,0{,}067,$$

daher:

$$\frac{e_{11}'\varkappa_1}{v^2} = +\,0{,}669.10^{-8}, \quad \frac{e_{41}'\varkappa_1}{v^2} = -\,0{,}423.10^{-8}.$$

Also auch beim Quarz ist die optische Wirkung grösser, als sie bei einer gleich grossen, mechanisch hervorgerufenen Deformation sein würde.

3. Beobachtungen am Turmalin.

Theils wegen zu starker Absorption des ordinären Strahles, theils in Folge beträchtlicher optischer Anomalien waren die optischen Beobachtungen beim Turmalin nicht in gewünschter Weise durchzuführen. An einer zur optischen Axe parallelen Platte wurde beobachtet, dass eine Zunahme der Doppelbrechung eintritt, wenn die positive Richtung der elektrischen Kraftlinien nach dem analogen Pole hinführt.

4. Beobachtungen am Seignettesalz.

Das rechtsweinsaure Kalinatron, das Seignettesalz, krystallisirt rhombisch, sphenoidisch-hemiëdrisch, daher wird:

$$B_{11} - \omega_x{}^{02} = B_{22} - \omega_y{}^{02} = B_{33} - \omega_z{}^{02} = 0,$$
$$B_{23} = e_{41}\,a, \quad B_{31} = e_{52}\,b, \quad B_{12} = e_{63}\,c.$$

Es wurde gefunden:

$$\frac{e_{52}\varkappa_2}{v^2} = -\,5{,}07.10^{-8}, \quad \frac{e_{63}\varkappa_3}{v^2} = +\,0.945.10^{-8}.$$

Das optische Verhalten bei diëlektrischer Polarisation parallel der krystallographischen Axe a war vermuthlich in Folge einer inneren Leitungsfähigkeit nicht ganz normal, und in Folge dessen ist der gefundene Werth $\frac{e_{41}\varkappa_1}{v^2} = -6,0.10^{-8}$ nicht genau. Wahrscheinlich aus demselben Grunde schwanken auch die Werthe von δ_{14} zwischen $+340.10^{-8}$ und $+1180.10^{-8}$. Dagegen sind die gefundenen Werthe $\delta_{25} = -165.10^{-8}$ und $\delta_{36} = +35,4.10^{-8}$ frei von jener Unsicherheit.

Weil die Bestimmung der Elasticitätsmoduln s_{hk} nicht ausführbar war, so konnten die Constanten a_{hk} nicht für sich berechnet werden; es wurden gefunden:

$$\frac{a_{44}s_{44}}{v^2} = -0,85.10^{-8}, \quad \frac{a_{55}s_{55}}{v^2} = +1,9.10^{-8}, \quad \frac{a_{66}s_{66}}{v^2} = -1,7.10^{-8},$$

daraus

$$\frac{e_{41}'\varkappa_1}{v^2} = -\frac{290}{s_{44}}\cdot 10^{-16} \text{ bis } -\frac{1000}{s_{44}}\cdot 10^{-16},$$

$$\frac{e_{52}'\varkappa_2}{v^2} = -\frac{314}{s_{55}}\cdot 10^{-16}, \quad \frac{e_{63}'\varkappa_3}{v^2} = -\frac{60}{s_{66}}\cdot 10^{-16}.$$

Ein directer Vergleich der Grössen e_{mn}' mit den Grössen e_{mn} ist also nicht möglich, dagegen ist bemerkenswerth, dass $\frac{e_{63}'\varkappa_3}{v^2}\cdot s_{66}$ also auch (da s_{66} seiner physikalischen Bedeutung wegen jedenfalls positiv ist) $\frac{e_{63}'\varkappa_3}{v^2}$ negativ ist, während $\frac{e_{63}\varkappa_3}{v^2}$ nach Obigem positiv gefunden wurde.

Daraus ist zu schliessen, dass beim Seignettesalz die diëlektrische Polarisation parallel der c-Axe die Doppelbrechung in entgegengesetztem Sinne beeinflusst, wie die die Polarisation begleitende Deformation.

Ref.: J. Beckenkamp.

XIX. Ueber homogene Structuren und ihre symmetrische Theilung, mit Anwendung auf die Krystalle.

Von

William Barlow in London.

(Hierzu Tafel IV u. V.)

Die Homogenität der Structur darf nicht verwechselt werden mit der structurlosen Homogenität. Die denkbar vollkommenste Homogenität ist diejenige, bei der alle Eigenschaften an jedem geometrischen Punkte im Raume dieselben sind; ist das aber der Fall, so ist keine Structur vorhanden, und kann keine Eigenschaft, bedingt durch Verschiedenheiten irgend welcher Art, ermittelt werden, welche uns in den Stand setzen könnten, einen Punkt von einem anderen zu unterscheiden, wie unendlich klein auch die Entfernung der verglichenen Punkte sei. Die Homogenität der Structur besteht nicht darin, dass ein jeder geometrische Punkt des Körpers dieselben Eigenschaften besitzt, sondern in der gleichartigen Wiederholung derselben Eigenschaften oder Formen durch den ganzen Bau.

In Thomson und Tait's Treatise on Natural Philosophy lesen wir Folgendes: »Ein Körper wird dann homogen genannt, wenn irgend zwei gleiche und ähnliche Theile desselben, deren entsprechende Gerade parallel sind und in derselben Richtung laufen, durch keinerlei Verschiedenheit der Eigenschaften unterschieden werden können.« Wird aber diese Definition auf homogene Structuren angewendet, so kann sie wohl nur empirisch, aber nicht mathematisch genau sein; ihre Richtigkeit hängt von den angewendeten Proben ab, die nicht exact genug sind, um eine letzte Unstetigkeit der Structur zu zeigen[1]). Es kann gesagt werden, dass sie, auf eine solche Structur angewendet, sich mehr dazu eignet, eine scheinbare Eigen-

---

1) Fedorow citirt einige Beispiele von Unstetigkeit der Krystallstructur. S. Theorie der Krystallstructur, diese Zeitschr. **25**, 116. Vergl. Thomson und Tait **2**, 216.

schaft zu beschreiben, als eine geometrische Definition festzustellen. Die Definition der Homogenität der Structur, welche neulich vom Autor [1]) gegeben wurde, und welche bei mathematischer Genauigkeit frei ist von jeder unnöthigen Einschränkung, ist im Wesentlichen folgende: »Eine homogene Structur ist eine solche, innerhalb welcher ein jeder Punkt, wenn wir die Structur als unbegrenzt denken, eine unendlich grosse Anzahl ihm entsprechender anderer Punkte besitzt, deren Stellungen in der Structur genau die gleichen sind; so dass alle die unendlich vielen geometrischen Punktsysteme, welche beziehungsweise gegeben sind, wenn man alle gleichartigen Punkte nimmt, regelmässige unendliche Punktsysteme sind, wie sie bei Sohncke als solche definirt sind, bei welchen die Anordnung der übrigen Punkte um irgend einen derselben die gleiche ist wie um jeden anderen« [2]).

Es kann bei dieser Gelegenheit noch bemerkt werden, dass Sohncke und Wiener [3]) unabhängig von einander zu der Vorstellung von einem System der Punkte oder Atome, die sich in der bezeichneten Weise wiederholen, gelangt sind.

Ich habe mehrere Modelle construirt, um einige der am wenigsten complicirten Typen homogener Structur des regulären Systems zu zeigen, und hoffe, dass diese meinen Standpunkt klarer machen werden; in Bezug darauf kann ich noch bemerken, dass meine Absicht auf Versuche gerichtet war, die Art und Weise der Wiederholung, in welcher die Homogenität der Structur besteht, in der möglichst allgemeinen Form zu illustriren, und im Besonderen habe ich Alles vermieden, was den Schein der Einbeziehung von Atomistik erwecken könnte, denn der Beweis der Existenz der letzteren muss, wie es scheint, überall anders, als in der Geometrie der Krystalle d. h. der homogenen Structuren, gesucht werden.

Dieses Ziel im Auge behaltend, habe ich bei der Herstellung meiner Modelle vermieden, Theilchen oder Kugeln zu gebrauchen, und habe einen ganz unregelmässigen Körper, die Hand [4]), in die entsprechenden Lagen gebracht, um die Art der für jeden gegebenen Typus charakteristischen Wiederholung zu zeigen.

Dieses Modell (von dem ein kubisches Element in dem Diagramm

---

1) Diese Zeitschr. **23**, 1.

2) Sohncke, Entwickelung einer Theorie der Krystallstructur, S. 28. Solche Arten der Wiederholung im Raume, deren sich wiederholende Theile eine unendliche Dimension besitzen, sind in dieser Untersuchung nicht eingeschlossen.

3) Vergl. Wiener's Grundzüge der Weltordnung. Leipzig 1865. Atomlehre S. 82.

4) Vergl. Fedorow, diese Zeitschr. **25**, 115. Die Benutzung von Händen wurde mir von Prof. Miers empfohlen; ihr Vortheil besteht darin, dass der Gebrauch eines so bekannten Gegenstandes eine grosse Erleichterung einer klaren Vorstellung von der Art der Anordnung bietet, und dass diese Form eine so aussergewöhnliche ist, dass Niemand verführt werden kann, sie als nothwendig für irgend einen Typus anzusehen.

Taf. IV, Fig. 1 wiedergegeben ist) stellt einen bestimmten, sehr regelmässigen Typus der kubischen Symmetrie dar, denjenigen nämlich, der in der obenerwähnten Abhandlung in den Tabellen der homogenen Structuren mit 7a bezeichnet ist[1]). Er gehört zu der 31. Classe (der dodekaëdrischen Hemiëdrie) der von Sohncke aufgestellten Tabelle der 32 Classen der Krystallsymmetrie. Diese Structur enthält sowohl rechte wie linke Händ weil sie zu denjenigen gehört, die mit ihren eigenen Spiegelbildern identisch und folglich aus enantiomorph gleichen Theilen aufgebaut sind. Sie besteht aus einer Anzahl gleicher Gruppen von der bezeichneten Art, enthaltend Würfel, welche zusammengebracht im Stande sind, den Raum symmetrisch zu erfüllen.

In dem wirklichen Modell besteht ein solches kubisches Element aus acht Skelettwürfelchen, deren Kanten aus Holzstäbchen gebildet sind, die sich in den Ecken des Würfelchens treffen; eine der vier Diagonalen des letzteren ist durch ein Holzstäbchen dargestellt, um welches herum die drei Hände symmetrisch hängen. Jedes von diesen kleinen Würfelchen enthält drei von den 24 Händen, die sich in einem einfachen Element befinden; vier abwechselnde Würfelchen sind gleichartig mit rechten — die anderen vier mit linken Händen besetzt. Der ganze Bau ist also von zweierlei Art Würfelchen mit ihren entsprechenden Händetriaden gebildet. Die acht einzelnen Diagonalen der acht Würfelchen eines Elementes treffen in einem und demselben Punkte zusammen, nämlich in dessen Centrum.

Die angegebene kubische Theilung ist aber nicht wesentlich und kann mehr als ein Gerüst betrachtet werden, das den Zweck zu erfüllen hat, die Hände in ihren Lagen zu bestimmen und uns in den Stand zu setzen, die Art ihrer Anordnung besser zu übersehen — in der That kann dieser Typus der Homogenität in einer allgemeineren Weise dargestellt werden, wenn gar keine Theilung vorhanden ist[2]).

In dem vorliegenden Falle sind die Würfelkanten zweizählige Symmetrieaxen der Structur, d. h. wenn letztere um 180° um eine derselben gedreht

---

1) Diese Zeitschr. 23, 44.

2) Dasselbe gilt für alle Typen. Dieselbe homogene Structur kann in den meisten Fällen unter Erhaltung ihrer Homogenität und Symmetrie auf unendlich viele Arten getheilt werden. Die kubische Raumtheilung, die wir in dem betrachteten Falle benutzt haben, ist eine vollkommen willkürliche, und die Structur des gegebenen Typus braucht nichts Charakteristisches von der zufälligen Symmetrie, die durch die Theilung bedingt wird, zu besitzen.

Wie wir später sehen werden, giebt es Fälle von homogener Structur, bei welchen keine Art der Raumtheilung in einzelne Einheiten (d. h. nicht auf zwei Arten, welche enantiomorph sind) möglich ist, durch die nicht die Symmetrie gestört und der Typus der Homogenität geändert wäre (s. $2b_1$ und $6b_2$ in der Tabelle S. 466 und 467).

Einige Vorschläge zur Classification der verschiedenen Arten der möglichen symmetrischen Raumtheilung werden später gemacht werden.

wird, werden alle ihre Theile in der neuen Stellung mit allen in der alten zusammenfallen. Die Stellung der Symmetrieebenen sowohl, als auch diejenige der verschiedenen Axen ist leicht aufzufinden, wenn eine Anzahl von zusammengesetzten Würfelgruppen von der beschriebenen Art zusammengestellt wird. Die rechten Hände sind homogen vertheilt, ebenso die linken, und in Uebereinstimmung mit der oben gegebenen Definition bildet eine Schaar von ähnlichen Punkten, z. B. die Daumen- oder Zeigefingerspitzen der rechten oder der linken Hände, ein Sohncke'sches Punktsystem. Nehmen wir die entsprechenden Punkte der beiden Hände, der rechten und der linken, so erhalten wir das doppelte Punktsystem von Fedorow. Die diesem Typus angehörenden Einzelpunktsysteme entsprechen dem bei Sohncke unter Nr. 54 beschriebenen; es ist leicht einzusehen, dass alle Punkte irgend eines derselben die Fundamentaleigenschaft eines regelmässigen unendlichen Punktsystemes besitzen. Sie stehen identisch in der gleichen Beziehung zu der unendlichen Structur, ohne Rücksicht auf Horizont oder Nordpol oder sonst etwas anderes, als die homogene Structur selbst, betrachtet. Eins von den möglichst einfachen Beispielen dieses Typus der Structur werden wir erhalten, wenn wir einen Satz von gleichartigen Bausteinen in folgender Weise aufbauen, und, um die Beschreibung einfacher zu gestalten, wollen wir solche Bausteine benutzen, deren Breite und Dicke die Hälfte beziehungsweise den vierten Theil der Länge betragen.

Stellt man zwei Bausteine auf ihre kleinsten Flächen aufrecht und parallel einander gegenüber, durch einen Raum von der Breite eines Bausteines getrennt, so bilden die beiden Dicken und der Raum zwischen den Bausteinen gerade die Länge eines Bausteines. In den Zwischenraum legen wir einen Baustein flach hinein, so dass seine beiden Enden um die Dicke eines Bausteines auf jeder Seite über die zuerst gestellten hinausragen. Auf die hervorstehenden Enden desselben stellen wir zwei Bausteine mit der Schmalseite, so dass ihre vorspringenden Endflächen in einer Ebene mit den grössten Flächen der zuerst gestellten liegen. Endlich legen wir direct über die Mitte flach einen Baustein, der sich mit seinen Enden auf die zuletzt gestellten stützt.

Der Umriss des so hergestellten Baues bildet einen Würfel, nur dass je ein würfelförmiger leerer Raum sich in allen acht Ecken befindet. Ferner befindet sich eine leere Würfelzelle in der Mitte.

Stellen wir eine Anzahl von Würfelelementen dieser Art, welche gleichartig orientirt sind, mit den Würfeln von nachfolgenden Schichten direct übereinander, so erhalten wir ein Beispiel einer homogenen Structur des oben gegebenen Typus.

Da die äusseren Flächen der Bausteine eines jeden kubischen Elementes mit den Flächen der mit ihnen in Contact stehenden Bausteine, welche zu den benachbarten Elementen gehören, zusammenfallen, so kann der Satz be-

trachtet werden als aus Paaren von Bausteinen bestehend, wobei jedes von ihnen zwei aufeinander liegende Bausteine enthält. Es würde daher keine Veränderung des Typus verursacht werden, wenn statt Paaren von Bausteinen einfache von doppelter Dicke benutzt würden, d. h. solche, bei denen die Breite und Dicke gleich wären und die Hälfte der Länge betrügen. Jeder doppelte Baustein wird dann den vorher von zwei dünneren eingenommenen Raum ausfüllen.

Andere Typen der homogenen Structur des regulären Systems werden durch die folgenden Modelle dargestellt, welche aus geeignet angeordneten Händen gebildet werden.

Diese sind:

Typus 7, ein Repräsentant der 32. Classe, des tetartoëdrischen Würfels (ein Element dieser Structur ist in Fig. 2, Taf. IV dargestellt). Von den acht Würfelchen, welche das Element bilden, enthalten vier rechte (oder linke) Hände, die übrigen vier sind leer.

Typus $7b_1$, ein Repräsentant der 30. Classe, der tetraëdrischen Hemiëdrie (ein Element ist in Fig. 3 dargestellt). Von den acht Würfelchen, die das Element bilden, enthalten vier beiderlei Hände symmetrisch geordnet, die anderen vier sind leer.

Typus 12, ein Repräsentant der 29. Classe, des gyroëdrischen Würfels (ein Element ist in Fig. 4 dargestellt). Die acht, das Element bildenden, Würfelchen enthalten sämmtlich rechte oder linke Hände.

Typus $12a_1$, ein Repräsentant der 28. Classe, des holoëdrischen Würfels (ein Element ist in Fig. 5, Taf. V dargestellt). Die acht Würfelchen, die das Element bilden, enthalten sämmtlich sowohl rechte als auch linke Hände.

Das möglichst einfache Beispiel der Structur von dem letztgenannten Typus wird durch eine kubische Raumtheilung dargestellt, wobei die Zellen leer sind. Ein ausserordentlich einfaches Beispiel dieses Typus bildet das kubische Raumgitter.

Hierher gehören ferner einige Typen der Structur, welche am bequemsten durch Aufbau aus dodekaëdrischen bez. kubooktaëdrischen Zellen construirt werden, aber wie vorher ist diese Zellenconstruction nur als ein Gerüst aufzufassen.

Typus 6. Dieser ist, wie der 7. Typus, ein Repräsentant der 32. Classe, des tetartoëdrischen Würfels (ein Element, aus dodekaëdrischen Zellen bestehend, ist in der Fig. 6, Taf. V dargestellt.) Dieser Typus kann auch aus Würfelchen aufgebaut werden, aber es wird eine grössere Anzahl von leeren Würfelchen vorkommen, als in den früher erwähnten Fällen.

Typus 10. Dieser ist ebenfalls, wie der 7. Typus, ein Repräsentant der 32. Classe, des tetartoëdrischen Würfels (ein Element, in einer kubooktaëdrischen Zelle enthalten, ist in Fig. 7, Taf. V dargestellt).

Wenn Würfelchen mit einer einzelnen Diagonale zum Aufbau dieses

Typus verwendet werden, so muss jedes von ihnen entweder drei rechte oder drei linke Hände besitzen, die entsprechend gelegen sind. Würfelchen, die eine gemeinschaftliche Diagonale besitzen, haben überall, wo sie sich auch befinden, die gleiche Orientirung.

Das in der dodekaëdrischen Zelle des 6. Typus enthaltene Element ist genau von derselben Art, wie dasjenige, welches die kubooktaëdrische Zelle des 10. Typus enthält. Gleiche Punkte bilden in beiden Fällen die Zwölfpunkter von Sohncke.

Würfelchen von den oben beschriebenen Arten mit einer einzelnen Diagonale können auch zum Aufbau der weniger regulären Formen der Structur des kubischen Systems benutzt werden.

In der erwähnten Abhandlung[1]) habe ich nach allen möglichen Structurtypen, welche die oben angegebene Definition erfüllen, geforscht. Das Resultat der Untersuchung zeigt, dass alle homogenen Structuren eine allgemeine Symmetrie besitzen, welche genau der Symmetrie der Krystalle entspricht. Und während es richtig ist, dass die erwähnte Definition keine Beschränkung in Bezug auf die relativen Orientirungen der ähnlichen Theile[2]), deren Aehnlichkeit die Homogenität der Structur bildet, ausdrückt, geschweige denn erfordert, dass die Orientirungen identisch sind, wie es bei der früheren Definition der Homogenität der Fall ist, finden wir, dass ähnliche Theile einer homogenen Structur immer eine ganz bestimmte Anzahl von symmetrischen relativen Orientirungen besitzen, je nachdem, welcher unter den 32 Classen der Krystallsymmetrie die ausgewählte Structur angehört.

Und diese Zahl ist diejenige der verschiedenen Orientirungen der idealen Krystallform, welche gebildet werden kann, und welche Coincidenz der Oberfläche liefert. Sie ist daher in manchen Fällen nur 1, in anderen 2, 3, 4, 6, 8, 12 oder 24, entsprechend dem speciellen Falle.

Die eben erwähnte Beziehung zwischen den Orientirungen der ähnlichen Theile sollte daher nicht die Sache der Definition, sondern des Beweises sein. Wenn eine Aehnlichkeit von Theilen nach der von mir gegebenen Definition existiren würde, ohne dass sie die oben besprochenen, symmetrischen, relativen Orientirungen besässe, so würde sie trotzdem ein Beispiel der Homogenität der Structur sein; aber in Wirklichkeit giebt es hier, wie eben bemerkt, keine Ausnahme; der einzige Fall, wo eine Homogenität ohne symmetrische relative Orientirung der ähnlichen Theile existirt, ist die structurlose Homogenität.

Es giebt eine mehr gleichartige, ganz allgemeine Eigenschaft homo-

---

1) Verbessert in einigen wenigen Punkten in einer Notiz in dieser Zeitschr. 25, 86.

2) Unter ähnlichen Theilen werden diejenigen verstanden, die in der ähnlichen Beziehung zum Ganzen stehen.

gener Structuren, welche fast in denselben Worten ausgedrückt werden kann, wie die oben erwähnte Definition von Thomson und Tait.

Nach dieser kann solch eine Structur immer als gebildet von gleichen und ähnlichen, nach derselben Richtung orientirten Theilen betrachtet werden, welche sich durch keine Verschiedenheit der Eigenschaften von einander unterscheiden [1]).

Jeder der so verwandten Theile wird aus einer ganzen, grossen oder kleinen, Zahl von Raumeinheiten der Structur der einen oder der anderen Art bestehen [2]).

Falls wir eine Structur mit trikliner Symmetrie haben, kann sie nur eine Raumeinheit enthalten.

Die Entfernung zwischen correspondirenden Punkten, die zwei solchen angrenzenden Theilen angehören, wird dieselbe sein, wie zwischen entsprechenden Punkten von irgend zwei benachbarten oder mehr oder weniger von einander entfernten Raumeinheiten, deren Orientirung dieselbe ist.

Die Umrisse der so verwandten Theilchen stellen im Allgemeinen nicht dieselbe Theilung dar, welche irgend eine mögliche, natürliche Theilung des Krystalles in chemische oder Krystallmoleküle repräsentiren würde (wenn man letztere von den chemischen Molekülen unterscheidet); denn, ausgenommen einige wenige Fälle besonderer Typen, wird die Theilung, zu der wir auf diese Weise gelangen, vollkommen willkürlich und mit manchen Deckbewegungen [3]) der Structur unvereinbar sein, daher zerstörend auf einen Theil der Symmetrie wirken und einen Wechsel in dem Typus verursachen.

Die erwähnte Eigenschaft ist daher von keiner grossen Wichtigkeit in Bezug auf die schliessliche Structur der Krystalle, obgleich sie geeignet sein kann, unsere Vorstellung von der Beziehung zwischen Homogenität und manchen physikalischen Eigenschaften zu unterstützen [4]).

Die oben gegebene Definition ist, wie wir gesehen haben, in ihrer Anwendung nicht auf Punktsysteme oder Theilchenanhäufungen beschränkt;

---

1) Fedorow sagt: »Das Resultat der Beobachtungen kann auch dahin gedeutet werden, dass die krystallinisch-homogene Substanz aus gleichen und gleichorientirten (d. h. sämmtlich in paralleler Lage geordneten) Theilchen besteht, welche zusammen genommen den Raum lückenlos ausfüllen.« Diese Zeitschr. **25**, 117.

2) Die drei nothwendigen Eigenschaften einer Raumeinheit sind folgende: sie ist erstens stetig, zweitens enthält sie alle Punktgattungen der Structur (d. h. jede Art eines Standpunktes, von welchem aus die Structur betrachtet werden kann), drittens stehen alle Punkte in ihr in verschiedener Beziehung zu der Structur als Ganzem. S. diese Zeitschr. **28**, 38.

3) Vergl. die Definition der Deckbewegungen bei Sohncke, diese Zeitschr. **28**, 4 Anm. **).

4) S. unter S. 457.

sie gilt für jede Art von Structur, ob sie eine materielle oder rein geometrische ist, ob sie den Raum ausfüllt oder stetig durch ihn verzweigt ist oder in ihm in getrennten Stückchen vertheilt ist. Sie behält auch ihre Geltung in Bezug auf eine Structur, deren Theilchen in Bewegung sind, wofern sich die Aehnlichkeit auf Bewegungen von ähnlichen Theilen erstreckt; doch brauchen die ähnlichen Bewegungen nicht gleichzeitig stattzufinden.

Die Zahl der verschiedenen Typen der symmetrischen Anordnung beträgt bei homogenen Structuren 230 [1]; und diese Typen zerfallen, wie gesagt, in 32 Classen, deren allgemeine Symmetrie diejenige der bei den Krystallen vertretenen 32 Arten ist.

Eine so grosse Zahl möglicher Typen wäre allerdings im Stande, einen Studirenden der Krystallographie zu erschrecken, und könnte ihn zum Aufgeben des Studiums der homogenen Structuren oder dazu veranlassen, nach irgend einem Vorwande zu suchen, um einige von diesen Typen auszuschliessen und so diese für die Krystalle giltige Zahl auf eine kleinere zu bringen.

Ich würde mit einer solchen Handlung niemals übereinstimmen, so lange nicht die Gründe dafür vollkommen triftige wären; es könnte sonst leicht vorkommen, dass die von uns ausgeschlossenen Typen gerade diejenigen sind, in welchen die Beziehungen zu Krystalleigenschaften am meisten hervortreten.

Ein Verfahren, welches, wie mir scheint, viel wissenschaftlicher und, ich kann auch hinzufügen, erfolgreicher wäre, ist, sich zu bemühen, mit den Hauptmerkmalen der homogenen Structuren und speciell mit ihren zahlreichen gemeinsamen geometrischen Eigenschaften vertraut zu werden.

Die Modelle, welche ich construirt habe, sind, wie ich hoffe, im Stande, dies zu erleichtern. Sogar ein flüchtiger Blick auf sie zeigt so nahe Beziehungen und Aehnlichkeiten zwischen Typen, welche, wie berühmte Autoritäten behaupten, für krystallographische Zwecke zurückgewiesen werden sollten, und anderen, die wir nach ihnen behalten dürfen; den Gründen, welche sie zu solcher Unterscheidung scheinbar berechtigen, müssen wir von vorne herein misstrauisch gegenüberstehen und sie einer sehr genauen Prüfung unterziehen.

Ich meine hier besonders den Versuch von Fedorow, solche unter den Typen der homogenen Structuren auszuwählen, welche für die Krystalle möglich sind, und die Formen ihrer letzten Einheiten [2] festzu-

---

1) Diese Zahl stimmt mit der gesammten Anzahl der einfachen und doppelten Punktsysteme überein, welche Fedorow und Schönflies unabhängig von einander festgestellt haben.

2) Fedorow, Theorie der Krystallstructur. Mögliche Structurarten. Diese Zeitschr. 25, 113.

legen; in Bezug darauf kann ich nur mein Bedauern ausdrücken, dass eine auf diesem Gebiete so berühmte Autorität die Bedeutung seines Namens zu einer solchen Anzahl von, wie mir scheint, völlig unhaltbaren Einschränkungen hergiebt.

Fedorow sagt: Das Resultat der Beobachtungen kann auch dahin gedeutet werden, dass die krystallinisch homogene Substanz aus gleichen und gleichartig orientirten (d. h. sämmtlich in paralleler Lage geordneten) Theilchen besteht, welche zusammengenommen den Raum lückenlos ausfüllen [1]), und behauptet, dass einige von den 230 Typen der homogenen Structuren auf solche Weise nicht getheilt werden können und daher für Krystalle als unmöglich angesehen werden müssen [2]).

Aber ist dies wirklich der Fall? Es wurde schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass jede homogene Structur, ohne Ausnahme, betrachtet werden kann als bestehend aus homologen gleichen und gleichartig orientirten Theilchen, welche keinen Unterschied der Eigenschaften von einander zeigen, und es scheint kein Grund vorhanden zu sein, warum eine Structur, die diese Eigenschaft besitzt, die experimentellen Anforderungen der Krystallstructur nicht erfüllen sollte; sogar in Fällen, in denen die gleichartig orientirten Theilchen nur geometrische sind, wo das Vorhandensein von Grenzen zwischen ihnen die Symmetrie der Structur als Ganzes erniedrigt und deren Typus verändert, und wo daher die Theilchen keine getrennten Einheiten (Moleküle oder dergleichen) darstellen [3]).

In Bezug auf diese und andere Behauptungen Fedorow's, welche in derselben Abhandlung enthalten sind, müssen wir uns immer die Frage vorlegen, welche Bedeutung er seiner Theilung der Krystallstructur beilegt? Wird hier angenommen, dass, wenn sich ein Krystall auflöst, seine Theile unter gewissen Umständen Formen beibehalten, welche zusammengebracht den Raum ausfüllen, oder genauer ausgedrückt, dass unter den festen Ecken und Kanten der Zellen es keine solchen giebt, die leer oder structurlos wären in der unzerstörten Structur, sondern immer von der Substanz eingenommen, welche, wenn die Structur auseinanderfällt, immer ihre relative Lage zu der dieselben Zellen bildenden Substanz behalten kann? Eine solche Annahme ist so unwahrscheinlich, dass ihre Erwähnung genügt, um sie zurückzuweisen. Jedenfalls können wir nicht annehmen, dass sie irgendwie Richtigkeit besitzt, so lange nicht der Beweis dafür erbracht wird.

Aber wenn, was beinahe sicher ist, die Theilung in Zellen von einem

1) Diese Zeitschr. 25, 117.

2) Ebenda, s. speciell S. 218.

3) Fälle dieser Art sind in den Typen 4 und 5 meiner Tabelle dargestellt. Diese Zeitschr. 23, 11. Vergl. unten S. 458 und 466.

bestimmten Umrisse, die den Raum auszufüllen im Stande sind, be Krystallen weiter nichts als eine geometrische Fiction wäre, für eine Bedeutung kann der relativen Neigung der Flächen der Zel beigemessen werden, oder wie können einspringende Winkel als unw scheinlich angesehen werden, oder was für einen Sinn kann es haber Wände der Zellen überall als ebene Flächen anzunehmen?

Wenn eine bestimmte Theilung kein genaues Ebenbild in einem stalle besitzt, sondern einfach auf eine ganz allgemeine Art die Natu Theilbarkeit in Einheiten oder Molekülen ausdrückt, so würde das Vo densein von einspringenden Winkeln in einer Zellenwand nur zeigen, der Umriss oder die Begrenzung einer zusammengesetzten Einheit Molekel so zu dem Umrisse einer benachbarten Einheit passt, wie die eines Balkens in den Schwalbenschwanz des anderen oder wie ein Z in ein Zapfenloch, ein Schluss, welcher weder überraschend noch unw scheinlich ist, wenn er nur im möglichst allgemeinen Sinne genommen

Wir können daher nicht mit Fedorow in seiner Zurückweisung jenigen asymmorphen Typen, welche nicht in gleiche Zellen mit glei Inhalt, deren Umriss[2]) die vollkommene Symmetrie der ga Structur zeigt, getheilt werden können, übereinstimmen oder Gründe dafür als richtig anerkennen, dass er als unwahrscheinlic Krystalle diejenige Theilung in ebenflächige Zellen annimmt, welche weder anomale Paralleloëder liefert, d. h. Paralleloëder, deren Form solche ist, dass keine homogene Deformation im Stande ist, sie in d meisten symmetrischen Formen der Krystallsymmetrie zu bringen[3]), zweitens einspringende Winkel zwischen den ebenen Zellwänden[4]), drittens Zellen, deren äussere Umrisse gleichartig orientirt sind, wä ihr Inhalt es nicht ist[5]).

Es ist wahr, dass Fedorow's Classification der homogenen Struc in symmorphe, hemisymmorphe und asymmorphe Systeme auf geometri Unterschieden beruht, deren Natur dadurch entsprechend bezeichn

1) Fedorow unterscheidet normale und anomale Paralleloëder (s. unten).

2) Vergl. Fedorow, diese Zeitschr. 25, 147 Anm. *).

3) Ebenda S. 132. 4) Ebenda S. 133.

5) Diese Fälle nennt Fedorow »extraordinär«, diejenigen, bei denen der und die Umrisse gleich orientirt sind, »ordinär« (l. c. 135).

Die von ihm gemachte Annahme, dass die Fälle der extraordinären Art un scheinlich sind, weil es unbegreiflich wäre, warum der Inhalt der Zellen versc orientirt sein sollte, hilft der von ihm verfochtenen Sache nicht, weil, wenn es s ist, die verschiedenen Orientirungen des zusammengesetzten Elementes einer Ma erklären, dieselbe Schwierigkeit bei der Erklärung vorliegt, wie die ähnlichen irgend eines solchen Elementes mit ihren verschiedenen Richtungen zusammen werden können, und das letztere eine Grundbedingung für die meisten hom Structuren ist.

und dass alle seine anderen Bestimmungen ebenfalls auf geometrischen Thatsachen begründet sind; aber das hilft seiner Sache so lange nicht, so lange er den Beweis beizubringen unterlässt, dass irgend eine der von ihm beschriebenen Klassen mit sehr specialisirter Natur in den Krystallen wahrscheinlicher ist, als eine andere [1]).

Anstatt bei den Unterschieden der verschiedenen Arten von ebenflächigen Zellen uns aufzuhalten, — eine Untersuchung, von welcher es zweifelhaft ist, ob sie schliesslich als eine gewisse Wichtigkeit besitzend sich erweist —, sollten wir, wie ich meine, nach einer umfangreichen Behandlung des ganzen Gegenstandes streben, welche alle möglichen, verschiedenen Arten von Theilungen in einer vollkommen allgemeinen Weise, ohne irgendwelche willkürliche Ausscheidungen, zu classificiren hätte.

An Gründen, eine solche Untersuchung durchzuführen, fehlt es nicht.

Die Thatsache, dass Körper, welche Krystalle bilden, fähig sind, in den flüssigen Zustand überzugehen und wieder zu krystallisiren, ohne in ihre Bestandtheile zu zerfallen, und die offenbar oft eintretende Erhaltung von Resten solcher symmetrischer Anordnung der Theilchen, die im festen Zustande vorherrscht, in der Flüssigkeit, hauptsächlich in Fällen solcher Körper, welche die Polarisationsebene drehen, führen uns zum Schlusse, dass die krystallisirte Substanz zerlegt werden kann in Theilchen oder Einheiten, welche alle gleich sind, und deren jede Theile oder Eigenschaften besitzt, die eine ganz bestimmte Anordnung zu einander haben [2]).

In manchen Fällen ist das Ueberbleiben von zwei enantiomorphen Arten der Anordnung in dem gelösten Krystalle augenscheinlich, z. B. bei der inactiven Weinsäure kann man auf mechanische oder auf irgend eine andere Weise nachweisen, dass sie aus zwei Isomeren besteht, welche beziehungsweise rechts- oder linkshändig, aber im Uebrigen gleich beschaffen sind.

Im Lichte solcher Thatsachen scheint der Gegenstand interessant zu sein und wird sich wahrscheinlich als anregend erweisen. Der Rest dieser Abhandlung ist daher einem Versuche gewidmet, die Art und Weise, auf welche er behandelt werden kann, in grossen Umrissen anzugeben.

---

1) Es hat in der That nicht den Anschein, dass man die Eintheilungen der Classification Fedorow's überhaupt durch die experimentellen Thatsachen, welche uns in Bezug auf die Krystalle jetzt bekannt sind, verfolgen kann.

2) Das ist immer richtig, mag es nun ein von einem chemischen Molekül unterscheidbares Krystallmolekül geben oder nicht. Es mag übrigens bemerkt werden, dass es keinen wirklich zwingenden Beweis eines solchen Unterschiedes zu geben scheint.

Die symmetrische Theilung homogener Structuren.

Die Existenz einer homogenen Structur, deren Stabilität eine solche ist, dass sie den inneren und äusseren Kräften Widerstand leistet, schliesst in sich das Vorhandensein gewisser Arten von Spannungen oder Bindungen, welche die Structur zusammenhalten, und ihre Form erhalten oder immer wieder herstellen; die Anordnung dieser Spannungen wird der Definition der Homogenität entsprechen. Auch in den Fällen, wo die Structur mit ihrem eigenen Spiegelbilde identisch ist, wird das von ihnen gebildete System die letztgenannte Eigenschaft besitzen.

Irgend eine gleichmässig wirkende, den Zusammenhang aufhebende Kraft wird in Folge der Symmetrie alle Spannungen, mögen sie sein wie sie wollen, auf eine gleichförmige Weise zerstören, so dass die Lockerung einer gegebenen Spannung von der Loekerung aller gleichen Spannungen in der ganzen Structur begleitet sein wird; lässt aber diese Zerstörung gewisse Spannungen unversehrt, so wird das auch der Fall sein mit allen denjenigen, die gleichgestellt in der ungelösten Structur waren, d. h. das Ueberbleiben einer bestimmten Spannung zieht das Bestehen aller, der Natur und Lage nach ihr gleichen Spannungen nach sich. Die Anwendung einer zerstörenden, gleichmässig wirkenden Kraft wird daher nicht die oben erwähnte Art der Theilung, die mit den Deckbewegungen der Structur[1]) unvereinbar ist, geben.

1) Wenn die Zerstörung der Spannungen nicht die vollkommene Auflösung irgend welcher Theile der Structur verursacht, sondern nur eine Theilung in Stücke von verhältnissmässig geringer Grösse, welche, wenn sie zu einem Ganzen verbunden, denselben Raum ausfüllen würden, der ursprünglich von der Structur eingenommen wurde[2]), so wird die letztere entweder nur aus einer Sammlung von Fragmenten einer Art bestehen oder aus einer endlichen Anzahl und Auswahl von verschiedenen Arten, welche sich stetig durch den Raum wiederholen und *eine solche Form oder Formen besitzen, dass sie richtig zusammengesetzt den Raum lückenlos ausfüllen.*

2) Wenn jedoch irgend welche Theile der Structur ganz flüssig werden oder leer sind, während andere Theile fest bleiben d. h. ungelöste Spannungen enthalten, so wird die Folge einer gleichmässigen Auflösung und Zerstörung einiger Spannungen sein, dass die ganze Masse in eine Sammlung fester Fragmente verwandelt wird, welche entweder alle von derselben oder von einer beschränkten Anzahl von Arten sind, und welche nicht fähig

1) S. S. 455 Anm. 3).

2) Die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Theilchen der Structur ist ausser Acht gelassen.

sind, wie das oben der Fall war, den Raum vollkommen auszufüllen; sie werden in der structurlosen Flüssigkeit vertheilt sein, d. h. wenn eine solche Flüssigkeit und nicht ein Vacuum den Rest des Raumes in der aufgelösten Structur bildete[1]).

Wenn wir uns jetzt nur den einfachen Structuren zuwenden, d. h. denjenigen, deren durch die Auflösung entstandene, bestimmte Fragmente oder Theilchen alle ähnlich sind[2]), so sehen wir leicht, dass, obwohl die Lage der Grenzen dieser Fragmente im Falle irgend eines gegebenen Typus der homogenen Structur so lange ganz unbestimmt ist, als die Natur der Structur nicht ganz genau bekannt ist, wir im Stande sind, die unendliche Anzahl von Arten, auf welche der gegebene Typus in gleiche Theile symmetrisch theilbar ist, in gewisse bestimmte Klassen zu bringen; und dies ist anwendbar auf beide oben besprochene Arten der Aufhebung des Zusammenhanges.

Denn bei jedem Typus kann die ganze unendliche Anzahl von möglichen Arten einer solchen Theilung in Gruppen classificirt werden, welche mit den übrigbleibenden Deckbewegungen, die sich in den getrennten ähnlichen Fragmenten oder Theilchen des zerstörten Ganzen vorfinden, übereinstimmen müssen. Ziehen wir aber noch die bei manchen Structuren vorkommende Eigenschaft der Identität mit ihren eigenen Spiegelbildern in Betracht, so können wir noch Fälle, in welchen jedes Fragment mit seinem Spiegelbilde identisch ist, von solchen unterscheiden, wo die Fragmente enantiomorph sind, und in Folge dessen die Hälfte derselben rechts-, die Hälfte linkshändig ist[3]).

So z. B., wenn ein gewisser Typus der homogenen Structur eine einzige Schaar von zweizähligen und eine von dreizähligen Drehaxen enthält, so

1) Wenn die allgemein gültigen Anschauungen über die Natur der Substanz im Wesentlichen richtig sind, so ist nicht der früher besprochene andere Fall, sondern dieser derjenige einer wirklich theilweise aufgelösten homogenen Substanz, d. h. aufgelöster Krystalle, deren letzte Theilchen eine Art fester Structur behalten. Diejenigen Fälle, wo die Fragmente nicht alle derselben Art sind, kommen wahrscheinlich dort vor, wo Krystallwasser vorhanden ist, oder bei den Doppelsalzen.

2) Das ist entweder identisch, oder enantiomorph gleich. Vergl. den Fall der oben erwähnten inactiven Weinsäure.

3) Es sind Fälle denkbar, wo die enantiomorphe Eigenschaft der Fragmente nur dann zum Vorschein kommt, wenn sie betrachtet werden in Beziehung auf die unzerstörte Structur; sie können, allein betrachtet, diese Eigenschaft nicht besitzen. Mit anderen Worten: Gruppen, welche mit ihren eigenen Spiegelbildern identisch sind, und alle identisch gleichen können zwei verschiedene Schaaren von enantiomorph gleichen Lagen in der Structur einnehmen. In der That können die Gruppen, welche in dem flüssigen Zustande übrig bleiben, wenn man sie allein, getrennt von der Structur betrachtet, irgend welche weitere Elemente der Symmetrie haben, welche mit denjenigen, die sie schon als Theile der Structur besitzen, verträglich sind.

können wir Fälle, in welchen jedes Fragment eine zweizählige und keine dreizählige Axe besitzt, von jenen unterscheiden, wo eine dreizählige und keine zweizählige Axe vorhanden ist, und diese beiden Fälle lassen sich wiederum von denjenigen unterscheiden, wo die getrennten Fragmente gar keine Axe besitzen [1]).

Betrachten wir nun Fälle, wo die Identität mit den Spiegelbildern vorhanden ist. Wenn ein Typus einer homogenen Structur entweder Centra der Symmetrie (Inversionscentra) oder Symmetrieebenen, auf deren beiden Seiten die enantiomorph verwandten Theilchen sich direct gegenüber befinden, oder Centra besitzt, um welche die enantiomorph verwandten Theilchen so angeordnet sind, wie es in den Typen 63c und 64c meiner Tabelle [2]) der Fall ist, so können wir entweder solche Arten der bei Zersetzung entstehenden Fragmente haben, die identisch mit ihren eigenen Spiegelbildern sind, oder solche, die immer in zweierlei Arten vorkommen, als rechts- und linkshändige. Wenn jedoch keines der erwähnten Symmetrieelemente vorhanden ist, sondern die enantiomorphe Uebereinstimmung nur durch die Existenz derjenigen Symmetrieebenen bedingt ist (Gleitebenen), auf deren beiden Seiten die verwandten Theile sich nicht direct gegenüber stehen, so ist die Existenz von endlichen Fragmenten, welche, wenn sie sich in der Structur befinden, mit ihren eigenen Spiegelbildern identisch sind, ausgeschlossen [3]).

Denn wenn ein Theil A, auf der einen Seite einer solchen Ebene gelegen, in demselben Fragment vereinigt wäre mit einem enantiomorph gleichen Theile A', welcher auf der anderen Seite dieser Ebene liegt, so würde die Existenz der Gleitschiebung S von A, welche nöthig ist, es auf die Gegenseite von A' zu bringen, auch die Existenz einer gleichen Schiebung, in derselben Richtung und in gleicher Beziehung zu der Structur von A' stehend, erforderlich machen, welche daher den letzterwähnten Theil gegenüber einem in der Form, aber nicht in der Lage, mit A identischen Theile bringen würde; und dieser dritte Theil müsste der Symmetrie wegen auch einen Theil desselben Fragmentes bilden.

Folglich, wenn nicht eine unendliche Kette von enantiomorph verwandten Theilen A, A' etc. sich in demselben Fragment befindet, so können keine zwei von ihnen in dem erwähnten Falle vereinigt werden,

---

1) Die Axen sind von derselben Schaar, wenn ihre Beziehung zu dem ganzen, in der Structur vorhandenen Axensystem die gleiche ist, und zwar ob sie zur Deckung gebracht werden können oder nicht.

2) S. diese Zeitschr. **23**, 59.

3) Sie können trotzdem, wenn sie getrennt von der Structur betrachtet werden, diese Eigenschaft als eine specielle, nicht aus der Structur abgeleitete Eigenthümlichkeit besitzen.

ohne die Symmetrie der Structur[1]) zu stören; und wenn eine Vereinigung dieser Art fehlt, so kann kein Fragment, welches identisch mit seinem Spiegelbilde wäre, gebildet werden.

Es ist möglich, die Methode festzustellen, durch welche die besprochene Classification in einer vielleicht kürzeren und einfacheren Weise vollendet werden kann.

An einer anderen Stelle habe ich singuläre Punktsysteme als solche definirt, die aus weniger Punkten bestehen, deren Lagen symmetrischer sind, als die von den Punkten der anderen Punktsysteme homogener Structur besetzten[2]).

Die verschiedenen Typen der Theilung können nach der Natur des centralen oder irgend eines am meisten symmetrisch gelegenen Punktes in einem der ähnlichen Fragmente unterschieden werden, indem jede verschiedene Art von Einzelpunkt, welche in irgend einem gegebenen Typus homogener Structur vorkommt, den centralen oder am meisten symmetrisch gelegenen Punkt eines bestimmten Fragmenttypus bildet, und indem zu jedem der so zu unterscheidenden Typen ein, und jedesmal ein anderer, Fragmenttypus gehört, welcher keinen Punkt enthält, von dem die Natur des Structurtypus erfordert, dass er symmetrischer gelegen sei, als die übrigen[3]).

Das Problem der Auffindung der verschiedenen Typen der möglichen Theilung geht daher von selbst über in dasjenige der Ermittelung der verschiedenen Arten von besonderen Punkten, welche in jedem Typus der homogenen Structur vorhanden sind.

Die Lösung des letzteren hängt, wie ich es schon in der besprochenen Abhandlung gezeigt habe, von der genauen Bestimmung gewisser Eigenschaften eines jedes Structurtypus ab, nämlich:

1. Von den verschiedenen Schaaren der vorhandenen Drehaxen[4]).

2. Von den Symmetriecentren (Inversionscentren).

3. Von den Symmetrieebenen, auf deren beiden Seiten die enantiomorph verwandten Punkte einer dem anderen direct gegenüber liegen.

4. Von den symmetrisch gestellten Ebenen mit den sie begleitenden Centren, wie diejenigen der beiden Structurtypen, welche identisch sind mit ihren eigenen Spiegelbildern und keine Symmetriecentren oder Symmetrieebenen haben[5]).

---

1) Vergl. diese Zeitschr. **25**, 88. 2) Diese Zeitschr. **23**, 60.

3) Der am wenigsten symmetrische Typus überhaupt (der hemipinakoidale oder asymmetrische) bietet, da er keine singulären Punkte besitzt, nur einen Typus der Theilung für einfache Structuren, d. h. für Structuren, deren letzte Fragmente alle ähnlich sind.

4) S. S. 462 Anm. 1).

5) Es giebt einige solche Ebenen in anderen Typen der Structur, ausgenommen

5. Von den Durchschnittspunkten und -Linien dieser verschiedenen Elemente der Symmetrie.

Die unten gegebene Tabelle zeigt das Resultat der Anwendung der beschriebenen Classificirungsmethode auf einige wenige Typen der homogenen Structuren, welche zu dem regulären oder kubischen Systeme gehören; aber bevor wir zu ihr übergehen, wird es von Nutzen sein, einige Schlussfolgerungen in Bezug auf die allgemeinen Eigenschaften der bei der symmetrischen Eintheilung vorkommenden ähnlichen Fragmente zu ziehen.

Die Thatsache, dass keine Schiebung oder Schraubung ein Fragment mit sich selbst zur Deckung bringen kann, zeigt, dass die einzigen Deckbewegungen, mit denen wir uns zu beschäftigen haben, Drehungen der unzerstörten Structur sind[1]). Kein Fragment kann augenscheinlich mehr als eine Rotationsaxe mit derselben Richtung besitzen; und wenn es mehrere zu einander geneigte Axen hat, so müssen alle diese Axen einen gemeinschaftlichen Durchschnittspunkt besitzen.

Wenn ein Fragment eine zweizählige Drehaxe und keine andere besitzt, so wird es von jeder in ihm vorkommenden Art zwei identisch gleiche Punkte besitzen, ausgenommen diejenigen, die auf der Axe selbst liegen.

Bei einer dreizähligen und keiner anderen 3, mit Ausnahme der auf der Axe.
- - vierzähligen - - - 4, - - - - - -
- - sechszähligen - - - 6, - - - - - -

Wenn zwei Drehaxen, welche nicht beide zweizählig sind, einander durchschneiden, so ist es klar, dass auch andere ähnliche Axen durch den Durchschnittspunkt hindurchgehen müssen; ihre Lagen können durch Verfolgung der Bewegung um die zwei ersten gefunden werden. Die Zahl der dadurch bestimmten identischen Punkte ist jedoch nicht gleich dem Producte aus den Coefficienten aller einander durchschneidenden Axen. So ist das Centrum des »24-Punkters« von Sohncke ein Durchschnittspunkt von sechs zweizähligen, vier dreizähligen und drei vierzähligen Axen. Für jede Schaar[2]) von Drehaxen in einer homogenen Structur wird mindestens eine bestimmte entsprechende Gruppe oder Typus der Arten der Theilung vorhanden sein, deren ähnliche Fragmente solch eine Axe besitzen; ebenso wenigstens eine Gruppe für jeden verschiedenen Typus des Durchschnittes von zwei oder mehreren Axen, wenn es irgend welche Durchschnitte giebt;

---

die beiden hier besprochenen Typen 63c und 64c, welche eine Gruppe für sich bilden. Vergl. diese Zeitschr. **23**, 59; **25**, 90.

1) Ein Fragment kann, wie erwähnt, entweder eine Axe oder Axen, die sich in der unzerstörten Structur nicht vorfinden, besitzen; aber das liegt ausserhalb unserer Betrachtungen, da wir nicht eine Classification, welche auf den individuellen Eigenthümlichkeiten der Fragmente begründet wäre, zu machen haben, sondern eine Classification, die sich auf die allgemeinen Eigenschaften der verschiedenen Typen stützt.

2) S. S. 462 Anm. 1).

und ausser jenen Fällen wenigstens eine in denjenigen, wo die Fragmente keine Axe besitzen.

In Bezug auf diejenigen Fälle, wo die Structur mit ihrem eigenen Spiegelbilde identisch ist, wird die Symmetrieebene eines Fragmentes, oder irgend eine durchs Centrum (wenn sie eins besitzt) gehende Ebene das Fragment in zwei ähnliche Theile zerlegen. Wenn das Fragment eine Axe hat, so muss es auch augenscheinlich central sein.

In keinem Falle kann das Fragment, allein genommen, eine Symmetrieebene besitzen, auf deren entgegengesetzten Seiten die Punkte sich nicht direct gegenüber liegen (d. h. keine Gleitebene), weil eine solche Eigenschaft, wie schon erklärt, erfordern würde, dass das Fragment in einer Richtung unendlich wäre.

Wenn eine Axe der homogenen Structur in einer Symmetrieebene liegt, so berühren die Hälften der Raumeinheiten, welche rund um die Axe liegen, die gleichhändigen nur in dieser Geraden. Daraus folgt, dass, wenn die Fragmente der Structur so beschaffen sind, dass diese Axe in ihnen verbleibt, so müssen sie, um substantiell continuirlich zu sein, auch die Symmetrieebene besitzen

Zusammenfassung.

Die obige Untersuchung zeigt:

1. Die Natur der Homogenität der Structur und die Eigenschaften, die sie von der structurlosen Homogenität unterscheiden, in Uebereinstimmung mit den Anforderungen der neuen Definition der homogenen Structur, welche neulich von dem Autor in dieser Zeitschrift aufgestellt wurde.

2. Eine Methode, die in einer concreten Form und sehr allgemein die Art der Wiederholung im Raume, welche die Homogenität der Structur ausmacht, durch Modelle darstellt, deren jedes eine Anzahl gleicher Gypshände, die im Raume entsprechend angeordnet sind, enthält.

Die Gesammtzahl der Typen der Anordnung, welche sämmtlich in der bezeichneten Art dargestellt werden können, beträgt 230; das ist die Zahl der typischen Punktsysteme, welche von Fedorow und Schoenflies bei ihrer Erweiterung der Sohncke'schen Methode beschrieben wurden. Die verschiedenen Typen der homogenen Structur, wie auch die entsprechenden Punktsysteme fallen alle in die 32 Klassen der Krystallsymmetrie.

3. Welche allen homogenen Structuren gemeinsame Eigenschaft am meisten der Definition der Homogenität, die von Thomson und Tait gegeben wurde, entspricht.

4. Die Gründe, aus welchen wir die bei Fedorow aufgestellten Argumente, die er seinem neueren Versuche, unter den Typen der homogenen

Structur solche auszuwählen, die als Krystalle möglich sind, und die Gestalt ihrer letzten Einheiten zu bestimmen, zu Grunde legt, als unhaltbar ansehen.

5. Die Möglichkeit, alle denkbaren Arten der symmetrischen Theilung aller Typen der homogenen Structur in einer Weise zu classificiren, welche keine Rücksicht auf die Natur der Zellenwände, ob sie eben sind oder nicht, nimmt, und welche auch in anderer Beziehung ganz allgemein ist. Einige Gründe, diese Classification, trotz ihres verwickelten Charakters, zu unternehmen, werden angeführt, von denen der wichtigste die Beziehung der symmetrischen Theilung zu manchen stereochemischen und anderen experimentellen Thatsachen ist.

Bruchstück einer Tabelle der verschiedenen Arten der symmetrischen Theilung in Fragmente einerlei Art, welche bei den Typen der homogenen Structur durchgeführt werden kann.

Der getheilte Typus	Nr. der Art	Die Elemente der Symmetrie der homogenen Structur, welche in einer Zelle oder einem Element der Theilung übrig bleiben
1	(1)	Eine dreizählige Axe.
1	(2)	Keine.
$1a_1$	(1)	Eine dreizählige Axe und ein Symmetriecentrum.
$1a_1$	(2)	Nur eine dreizählige Axe (die Fragmente sind enantiomorph).
$1a_1$	(3)	Keine (enantimorphe Fragmente).
2	(1)	Eine dreizählige Axe.
2	(2)	Eine zweizählige Axe.
2	(3)	Keine.
$2a_1$	(1)	Eine dreizählige Axe und ein Symmetriecentrum.
$2a_1$	(2)	Nur eine dreizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).
$2a_1$	(3)	Eine zweizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).
$2a_1$	(4)	Keine (enantiomorphe Fragmente).
$2b_1$	(1)	Nur eine dreizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).
$2b_1$	(2)	Eine zweizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).
$2b_1$	(3)	Keine (enantiomorphe Fragmente).
3 od. 4	(1)	Eine dreizählige und eine zweizählige Axe.
3 od. 4	(2)	Nur eine dreizählige Axe.
3 od. 4	(3)	Nur eine zweizählige Axe.
3 od. 4	(4)	Keine.
5	(1)	Eine dreizählige und eine zweizählige Axe.
5	(2)	Nur eine dreizählige Axe.
5	(3)	Nur eine zweizählige Axe, von der Art, dass sie in der unzerstörten Structur die dreizählige durchschneidet.
5	(4)	Eine zweizählige Axe anderer Art.
5	(5)	Keine.
$5a_1$	(1)	Eine dreizählige Axe und ein Symmetriecentrum.
$5a_1$	(2)	Eine dreizählige und eine zweizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).

Der getheilte Typus	Nr. der Art	Die Elemente der Symmetrie der homogenen Structur, welche in einer Zelle oder einem Element der Theilung übrig bleiben
$5a_1$	(3)	Nur eine dreizählige Axe (enantimorphe Fragmente).
$5a_1$	(4)	Nur eine zweizählige Axe von der Art, dass sie die dreizählige Axe in der unzerstörten Structur durchschneidet (enantiomorphe Fragmente).
$5a_1$	(5)	Eine zweizählige Axe anderer Art (enantiomorphe Fragmente).
$5a_1$	(6)	Keine (enantiomorphe Fragmente).
6	(1)	Vier dreizählige und drei zweizählige Axen.
6	(2)	Nur eine dreizählige Axe.
6	(3)	Nur eine zweizählige Axe.
6	(4)	Keine.
$6a_1$	(1)	Vier dreizählige Axen, drei zweizählige und ein Symmetriecentrum mit den begleitenden drei Symmetrieebenen.
$6a_1$	(2)	Nur eine dreizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).
$6a_1$	(3)	Eine zweizählige Axe und eine Symmetrieebene.
$6a_1$	(4)	Keine (enantiomorphe Fragmente).
$6a_2$	(1)	Vier dreizählige und drei zweizählige Axen (enantiomorphe Fragmente).
$6a_2$	(2)	Eine dreizählige Axe und ein Symmetriecentrum.
$6a_2$	(3)	Nur eine dreizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).
$6a_2$	(4)	Nur eine zweizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).
$6a_2$	(5)	Keine (enantiomorphe Fragmente).
$6b_1$	(1)	Vier dreizählige, drei zweizählige Axen und sechs gleiche Symmetrieebenen.
$6b_1$	(2)	Eine dreizählige Axe und eine Symmetrieebene.
$6b_1$	(3)	Nur eine zweizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).
$6b_1$	(4)	Keine (enantiomorphe Fragmente).
$6b_2$	(1)	Vier dreizählige und drei zweizählige Axen (enantiomorphe Fragmente).
$6b_2$	(2)	Nur eine dreizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).
$6b_2$	(3)	Nur eine zweizählige Axe (enantiomorphe Fragmente).
$6b_2$	(4)	Keine (enantiomorphe Fragmente).
		etc. etc.

Erläuterung der Taf. IV und V.

Zum richtigen Verständniss der Natur der Wiederholung im Raume, welche für irgend eine von den verschiedenen homogenen Structuren charakteristisch ist, können die auf den beiden Tafeln gegebenen Abbildungen in folgender Weise dienen:

1. Man fertige eine Anzahl Copien einer Figur an, schneide dieselben aus, falte sie nach den punktirten Linien und klebe sie so zusammen, dass sie je einen regelmässigen Körper bilden.

2. Die so erhaltenen gleichen Körper werden dann in symmetrischer Weise lückenlos zusammengestellt.

Zu diesem Zwecke können Abdrücke der sieben Figuren, in doppelter Grösse und auf einem zum Zusammenkleben geeigneten Carton vereinigt, von der Verlagsbuchhandlung Wilhelm Engelmann in Leipzig und durch jede Buchhandlung zum Preise von Mk. 0,40 pro Carton bezogen werden.

XX. Die Beziehung der im amorphen und krystallinischen Zustande auftretenden Circularpolarisation zu der Symmetrie und Theilung homogener Structuren, d. h. der Krystalle.

Von

W. Barlow in London.

Die allgemein herrschende Meinung, dass die Circularpolarisation eine Eigenschaft ist, welche mit der symmetrischen Anordnung der kleinen, die Körper bildenden Theilchen zusammenhängt, datirt von Reusch's ausgezeichneter Entdeckung, dass sie mit einem Satze von Glimmerplättchen, welche wie eine Wendeltreppe angeordnet sind, hervorgerufen werden kann. Nachdem wir nun mit der Natur der Wiederholung im Raume, welche die Homogenität der Structur bildet, bekannt geworden sind und wissen, wie so geformte Structuren symmetrisch getheilt werden können[1], scheint der Zeitpunkt gekommen zu sein für die Vergleichung der verschiedenen bestimmten Klassen von Fällen, in welchen die Circularpolarisation mit den geometrischen Möglichkeiten für ganze oder zerstörte homogene Structuren, d. h. Substanzen im krystallinischen und flüssigen Zustande, zusammentrifft.

Wenn man sich die Classification von Pope, welche er neulich in einer Abhandlung veröffentlicht hat, im Wesentlichen aneignet[2], so kann man die Substanzen, welche die Eigenschaft besitzen, das geradlinig polarisirte Licht in circularpolarisirtes umzuwandeln, in fünf Rubriken eintheilen.

1. Diejenigen, welche die Circularpolarisation nur im amorphen Zustande zeigen (d. h. wenn sie gelöst, geschmolzen oder in Gas verwandelt sind).

---

1) S. die vorausgehende Abhandlung.

2) Diese Zeitschr. 27, 406.

2. Diejenigen, welche die Circularpolarisation nur im krystallinischen Zustande zeigen und diese Eigenschaft der zusammengesetzten Gruppirung oder abwechselnden Lagerung von Krystallindividuen verdanken, wie es bei vielen pseudosymmetrischen Substanzen der Fall ist.

3. Diejenigen, welche die Circularpolarisation nur im krystallinischen Zustande zeigen, und in welchen sie eine unzertrennliche Eigenschaft der homogenen Structur selbst bildet.

4. Diejenigen, welche die Polarisationsebene sowohl im amorphen wie auch im krystallinischen Zustande drehen, und welche diese im festen Zustande entfaltete Eigenschaft der zusammengesetzten Verwachsung von Krystallindividuen verdanken.

5. Diejenigen Substanzen endlich, welche diese Eigenschaft im amorphen und krystallinischen Zustande besitzen, und bei denen die Circularpolarisation im letzteren Zustande eine specifische Eigenschaft der homogenen Structur bildet und nicht von einer Zwillingsverwachsung herrührt.

Beim Eintritt in die Untersuchung der Beziehung zwischen der Circularpolarisation und der Structur drängt sich von selbst der sehr einleuchtende Schluss auf, dass, weil die Circularpolarisation eine wesentlich enantiomorphe Eigenschaft ist, wenn sie in der Anordnung der Theilchen auffindbar ist, die Structuren, in denen sie vorkommt, enantiomorph, d. h. mit ihren Spiegelbildern nicht identisch sein müssen.

Wenn wir jetzt das Resultat, welches in der vorhergehenden Abhandlung gefunden wurde, uns aneignen, nämlich, dass die Theilung, welche die Trennung des Krystalles in einzelne Moleküle zu Stande bringt, eine solche sein muss, dass sie mit den Deckbewegungen der Structur vereinbar ist[1]), so ist es klar, dass, wenn eine Structur, welche identisch mit ihrem eigenen Spiegelbilde ist, eine solche Theilung erleidet, die entstandenen Fragmente entweder selbst identisch mit ihren eigenen Spiegelbildern sein werden, oder sich in gleichen Mengen in zwei Arten, welche enantiomorph sind, vorfinden werden.

Und so wird im ersten Falle kein Enantiomorphismus vorhanden sein, und im letzteren wird die Wirkung einer solchen Eigenschaft der einen Art von Fragmenten für die gesammte Masse durch die gleiche Eigenschaft der entgegengesetzten, d. h. der anderen Art von Fragmenten, gerade aufgehoben werden.

Wir sehen daher, dass wir unsere Aufmerksamkeit auf solche Typen der homogenen Structur beschränken können, welche enantiomorph sind, n i c h t n u r d a n n , w e n n e s s i c h u m K r y s t a l l e h a n d e l t , s o n d e r n a u c h , w e n n w i r s o l c h e F ä l l e b e t r a c h t e n , w o d i e S u b s t a n z e n ,

1) S. die vorausgehende Abhandlung S. 460.

welche die fragliche Eigenschaft entfalten, in einem von den amorphen Zuständen sich befinden.

Wenn die Circularpolarisation in irgend einer Weise mit der Structur verbunden ist, so können wir die folgenden allgemeinen Grundsätze aufstellen:

I. Circularpolarisation ist durch die Existenz gewisser Anordnungen von Theilen oder Eigenschaften einer Structur bedingt, und diese Anordnungen, welche als effective Configurationen bezeichnet werden, sind von einer enantiomorphen Form.

II. Die Abwesenheit dieser Eigenschaft in der Substanz kann entweder bedingt werden durch die Abwesenheit der effectiven Configuration, oder durch die Anwesenheit von zwei entgegengesetzten Arten derselben in gleichen Mengen, deren Wirkungen sich gegenseitig aufheben; die Anordnung der Theile oder der Eigenschaften, welche die eine Art bilden, ist im Allgemeinen enantiomorph oder beinahe enantiomorph mit derjenigen, welche die andere Art hervorruft.

Jetzt wollen wir uns bemühen, zu einer geometrischen Classification der homogenen Structuren nach den effectiven Configurationen zu gelangen, welche sowohl die unzerstörte, wie die zerstörte Structur enthält, und welche der oben gegebenen Classification der Substanzen, welche die Eigenschaft der Circularpolarisation besitzen, parallel sein würde.

1. Klasse.

Als Analogon zu denjenigen Substanzen, welche die Circularpolarisation nur in dem amorphen Zustande darbieten, haben wir:

Enantiomorphe homogene Structuren, welche, wenn sie unzerstört sind, die zwei entgegengesetzten Händen entsprechenden effectiven Configurationen enthalten, deren Wirkungen sich gegenseitig aufheben, welche aber, nachdem sie symmetrisch getheilt und zerfallen sind, nur eine Art enthalten, während die andere bei dem Process des Zerfalles vernichtet wurde.

Ein Beispiel aus dem regulären Systeme wird dies klar machen.

Eine homogene Structur mit gyroëdrischer Symmetrie des achten Typus[1]) ist, wie wir wissen, mit ihrem eigenen Spiegelbilde nicht identisch, und wenn eine solche Structur effective Configurationen enthält, so können wir voraussetzen, dass diese aus so gestellten Partikeln bestehen, dass sie eine einfache Art von Sohncke'schen 24-Punktern bilden; die Centra der Configurationen nehmen daher die Centra der symmetrisch gewählten Hälfte der Würfel eines lückenlos aufgebauten Systems von Würfeln, die

1) Diese Zeitschr. 28, 18.

den Raum füllen, ein, d. h. sie sind so gewählt, dass sie sich nur mit ihren Kanten berühren[1]).

Aber es kann leicht gezeigt werden, dass so gestellte Partikel gleicherweise betrachtet werden können als andere 24-Punkter bildend, deren Centra in den Centren *B* der Würfel der anderen Hälfte des Würfelsystems liegen.

Und wenn die Entfernung eines der Theilchen von dem am nächsten gelegenen Punkte *A* dieselbe ist, oder in der That dieselbe wie ihre Entfernung vom nächsten Punkte *B*, so wird der einzige thatsächliche Unterschied zwischen den Formen der so verwandten 24-Punkter ein solcher sein, dass die eine rechtshändig und die andere linkshändig sein wird.

Wenn daher die Theile oder Eigenschaften der effectiven Configuration die Lagen in der Mitte zwischen den zwei Arten von singulären Punkten *A* und *B*[2]) einnehmen, so kann die erzeugte Drehung von ihrer Anordnung um die Centra *A* aufgehoben werden durch die Wirkung der Anordnung der entgegengesetzten Hand um die Centra *B*.

Die homogene Structur im festen oder unzerstörten Zustande wird dann in der That als Ganzes keine Drehung erzeugen.

Nicht so indessen, wenn sie symmetrisch in Fragmente, welche entweder die eine oder die andere Art von singulären Punkten *A*, *B* als ihre Centra besitzen, getheilt und dann zerstört wird.

Denn es ist ersichtlich, dass dies die eine der zwei Arten von effectiven Configurationen zerstören wird, und der anderen eine Rotation zu vollführen übrig lässt, welche nicht ausgeglichen wird durch eine solche der entgegengesetzten Hand.

Diejenigen Punkte, welche man als fähig betrachtet, zu gleicher Zeit zwei zu einander ganz oder nahezu enantiomorphe Schaaren von bestimmten Configurationen zu bilden, sind leicht zu finden in jedem von den enantiomorphen Typen, in welchen alle Deckbewegungen, wenn zusammengebracht, identisch mit ihren eigenen Spiegelbildern sind, d. h. in allen diesen Typen mit Ausnahme von Nr. 3, 4, 14, 15; 16; 17, 18; 19; 21, 22; 26; 27; 30, 31; 32, 33; 42, 43; 44, 45; 46 und 47.

In den letztgenannten Typen scheint das Vorhandensein von Schraubungen einer Hand, mit Ausschluss der ihnen enantiomorphen Schraubungen, jede Anordnung, welche zu bestimmter Ausgleichung führt, zu verhindern.

---

1) Die Centra *A* bilden daher ein kubisches flächencentrirtes Raumgitter oder, wie Sohncke es nennt, ein reguläres oktaëdrisches Raumgitter.

2) Diese Zeitschr. **28**, 60.

2. Klasse.

Entsprechend denjenigen unter den Substanzen, welche die Circularpolarisation nur im krystallinischen Zustande zeigen und diese Eigenschaft der zusammengesetzten Gruppirung oder Durchwachsung von Krystallindividuen verdanken, solchen nämlich, wie sie uns in vielen Fällen der Pseudosymmetrie begegnen, haben wir:

Homogene Structuren, deren einzelne Individuen keine effectiven Configurationen besitzen, aber welche, wenn verschieden orientirte Zwillingsindividuen darin eingeschaltet sind, solche Configurationen bilden, wo die Zwillingsindividuen sich finden, aber nicht in zwei enantiomorphen Arten.

Ein Beispiel, welches dies erläutert, kann durch die Zwillingscombination des 48. Typus dargestellt werden [1]).

Nehmen wir an, dass zwei identische homogene Structuren von diesem enantiomorphen Typus, welcher keine effective Configuration enthält, so in einander geschaltet sind, dass, während ihre Orientirungen um 60° differiren, eine besondere Schaar von Axen ihnen beiden gemeinsam ist [2]), und weiter, dass wenigstens eine Reihe von singulären Punkten auf diesen Axen in einem Individuum mit der entsprechenden Reihe im anderen Individuum ein einfaches stetiges Raumgitter bildet. Es giebt zwei Arten, auf welche dies geschehen kann: entweder können die Axen eines Individuums die gleiche oder die entgegengesetzte Orientirung zu denjenigen der anderen Individuen haben.

Um die Beschreibung zu vereinfachen, wollen wir annehmen, dass die Axen vertical sind.

Alsdann findet man überall, wo einer von den specificirten singulären Punkten des einen Individuums sich nahe und vertical über einem entsprechenden singulären Punkte des anderen Individuums befindet, die Theile des einen Individuums um 60° gegen die entsprechenden Theile des anderen gedreht, und so werden sie verwandt sein, wie zwei nachfolgende Stufen eines Spiralganges. Wir können annehmen, dass solch eine Anordnung in dem fraglichen Falle eine effective Configuration bildet.

Da ferner die individuellen, so verwandten Structuren identisch sind, so werden die auf diesem Wege erzeugten effectiven Configurationen alle

---

1) Diese Zeitschr. 23, 31.

2) Hier wurde ein Fall, in welchem das Axensystem, allein genommen, eine höhere Symmetrie als die Structur, zu der es gehört, besitzt, ausgewählt. Wo das nicht der Fall ist, muss, damit die Zwillingsbildung der beschriebenen Art eintritt, die höhere Symmetrie des Axensystems eine specielle Bedingung erfüllen, z. B. wenn Individuen, welche rhombische Symmetrie besitzen, so vereinigt werden, dass sie gemeinsame Axen besitzen, so müssen die Axen, allein genommen, so gelegen sein, dass sie ein System der trigonalen oder hexagonalen Symmetrie bilden.

identisch sein, und keine zu ihnen enantiomorphe Configuration kann dargestellt werden, welche die Circularpolarisation der entgegengesetzten Hand bewirken könnte, um die vorhandene aufzuheben.

Wenn die Bildung der effectiven Configurationen nur eine Folge der Krystallgruppirung ist, so werden sie nicht gefunden werden, wenn die Structur getheilt und zerstört wird, sondern nur dort, wo die Zwillingsbildung, welche sie zu erzeugen geeignet ist, existirt.

3. Klasse.

Der entsprechende zu dem Falle derjenigen Substanzen, welche die Circularpolarisation nur im krystallinischen Zustande zeigen, und von dem diese Eigenschaft unzertrennlich ist, ist gefunden worden in

Homogenen Structuren, welche die effectiven Configurationen enthalten, welche nicht durch die zu ihnen enantiomorphen Configurationen ausgeglichen werden, und in welchen, wenn sie getheilt und zerstört werden, solche Configurationen fehlen, deren Vernichtung durch die Zerstörung der Structur zu Stande gebracht wurde.

Ein Beispiel, um diesen Fall zu illustriren, kann in jedem enantiomorphen Typus, welcher Schraubungen enthält, gefunden werden; die hervorragendsten Beispiele werden von denjenigen Typen geliefert, in welchen die Schraubungen alle von einer Hand sind.

Es kann angenommen werden, dass die Schraubungen effective Configurationen sind, und wenn die symmetrische Theilung und Zerstörung der gleichen Fragmente stattfindet, so werden sie nothwendigerweise verschwinden[1].

Wenn mit den Schraubungen aller Enantiomorphismus verschwindet, so dass die Fragmente der enantiomorphen Structur, allein genommen, identisch sind mit ihren eigenen Spiegelbildern, so ist es klar, dass, wenn eine homogene Structur aus den Fragmenten wiedergebildet wird, sie entweder rechtshändig oder linkshändig enantiomorph sein kann.

Damit kann die Thatsache verglichen werden, dass das chlorsaure Natrium, welches in der Lösung inactiv ist, nach Belieben in einer rechts- oder linksdrehenden Form erhalten werden kann.

4. Klasse.

Zu denjenigen unter den Substanzen, welche die Polarisationsebene im amorphen und krystallinischen Zustande drehen, und welche diese Eigenschaft, wenn sie im festen Zustande entwickelt wird, der zusammengesetzten Durchsetzung mit Krystallindividuen verdanken, finden wir entsprechende in

---

1) S. die vorausgehende Abhandlung S. 464.

Homogenen Structuren, welche, gleich denen der ersten Klasse, so lange sie unzerstört sind, die effectiven Configurationen von zwei entgegengesetzten Arten enthalten, deren Wirkungen sich gegenseitig vollkommen aufheben, aber welche, nachdem sie symmetrisch getheilt und verändert wurden, nur eine Art enthalten, während die andere in dem Processe der Veränderung zerstört wird — welche endlich, gleich denen der zweiten Klasse, wenn verschieden orientirte Zwillingsindividuen in ihnen eingeschaltet sind, die zusammengesetzten effectiven Configurationen bilden, wo die Zwillingsindividuen sich finden, aber nicht in zwei enantiomorphen Arten.

Der 49. Typus wird ein Beispiel dafür geben, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

a. Die Theilchen, welche die effectiven Configurationen in dem amorphen Zustande liefern, d. h. nachdem Theilung und Veränderung stattgefunden haben, bilden enantiomorphe 6-Punkter, deren Centra in der unzerstörten Structur eine Schaar von hauptsächlichsten singulären Punkten sind, d. h. von denjenigen, die in den Durchschnitten der dreizähligen und zweizähligen Axen liegen.

b. Diese Theilchen sind so gelegen, dass die 6-Punkter von der entgegengesetzten Hand, welche von ihnen in der unzerstörten Structur gebildet werden, und deren Centra eine andere Schaar von hauptsächlichen singulären Punkten bilden, in der That zu den zuerst erwähnten 6-Punktern enantiomorph sind, und die Circularpolarisation, die durch eine Schaar von 6-Punktern hervorgerufen wird, hebt im Ganzen in der unzerstörten Structur diejenige der entgegengesetzten Drehung, welche durch die andere Schaar hervorgebracht wird, auf.

c. Einschaltung von Zwillingsindividuen, gleich denjenigen beschriebenen, die in der Klasse 2 vorkommen, erzeugt, wie in jenem Falle, da effective Configurationen, wo verschieden orientirte Individuen einander begegnen.

Die Entstehung der Circularpolarisation, die in dem amorphen Zustande vorkommt, ist in dieser Klasse verschieden von jener, in der die Circularpolarisation in Zwillingsverwachsung begründet ist.

Ein neues und auffallendes Beispiel (Trans-Camphotricarbonsäure) dieser Klasse von Circularpolarisation ist von Pope in seiner schon erwähnten Abhandlung beschrieben worden.

5. Klasse.

Endlich als entsprechende zu denjenigen unter den Substanzen, welche die Polarisationsebene sowohl im amorphen wie auch im krystallinischen

Zustande drehen, und in welchen die Circularpolarisation, wenn der letztgenannte Zustand vorherrscht, eine specifische Eigenschaft der homogenen Structur bildet, finden wir

Die homogenen Structuren, welche die effectiven Configurationen enthalten, die sich in dem Ganzen nicht aufheben und deren einige nicht zerstört werden, wenn die Structur symmetrisch getheilt und verändert wird.

Eine sorgfältige Untersuchung der verschiedenen Typen der enantiomorphen homogenen Structur zeigt uns die Thatsache, dass in den meisten von ihnen das Vorhandensein von effectiven Configurationen irgend einer Art, welche nicht Schraubungen sind, in derselben Structur die Anwesenheit anderer Configurationen bedingt, welche aus denselben Theilchen wie die erstgenannten Configurationen gebildet werden, nur dass sie anders vertheilt sind; diese zweiten Configurationen, mögen sie gleich sein oder nicht, sind in den meisten Fällen von der entgegengesetzten Hand[1]).

In solchen Fällen brauchen die zwei Arten der Configurationen nicht sich durchaus gegenseitig aufzuheben, obgleich es wahrscheinlich in vielen Fällen stattfinden wird.

Trotzdem giebt es viele andere Typen, deren Theilchen sich nicht so das Gleichgewicht halten, und welche sicher durch eine solche Eigenschaft nicht inactiv gemacht werden. Es soll einer der letzteren als Beispiel ausgewählt werden.

In einer Structur des 12. Typus[2]) können wir annehmen, dass etliche effective Configurationen aus so gestellten Theilchen bestehen, dass sie den Sohncke'schen 24-Punkter bilden, dessen Centra A die Würfelcentra eines lückenlosen Würfelsystemes sind.

Diese gleichen Theilchen können dann ebenso betrachtet werden als 24-Punkter bildend, deren Centra B alle Würfelecken einnehmen; aber man kann in diesem Falle nicht annehmen, dass die zwei Arten von Configurationen sich gegenseitig aufheben, denn sie sind beide von derselben Hand.

Symmetrische Theilung in gleiche Fragmente, begleitet von einer Veränderung, die eine der beiden Reihen von Configurationen aufhebt, zerstört auch die andere, und dies können wir nachweisen in der verschiedenen specifischen Drehung, welche sich in der zerstörten im Verhältniss zu der unzerstörten Structur zeigt, als Folge einer solchen Veränderung.

Es sind Fälle denkbar, in welchen die effectiven Configurationen der entgegengesetzten Hand in der Structur vorhanden sind, doch diejenigen, in denen die Configurationen durch die Veränderung zerstört werden, vor-

---

1) Vergl. S. 471.

2) Diese Zeitschr. 23, 21.

herrschend. In diesem Falle wird sich der Sinn der specifischen Drehung ändern, sobald wir von dem unzerstörten zum zerstörten Zustande übergehen.

Die Entdeckung von Wyrouboff, dass in dem Falle des weinsteinsauren Rubidium, welches in beiden Zuständen optisch activ ist, der Sinn der Drehung nicht der gleiche ist in beiden Fällen, kann in diesem Zusammenhange erwähnt werden [1]).

Wir können aus der vorausgehenden Betrachtung ersehen, dass zu den fünf Klassen, in welche die Substanzen, welche die Fähigkeit besitzen, das gewöhnlich polarisirte Licht in circularpolarisirtes zu verwandeln, getheilt werden können, es genau entsprechende fünf Klassen der Structur giebt, welche durch charakteristische geometrische Eigenschaften sich unterscheiden.

Es braucht daher kaum wiederholt zu werden, dass die Circularpolarisation eine mechanische Wirkung ist, welche von den relativen Lagen der endlichen Theilchen der Körper abhängt, und dass das Verschwinden dieser Eigenschaft und die in ihr beobachteten Veränderungen, wenn der Zustand des sie darstellenden Körpers sich ändert, ebenfalls mechanische Wirkungen sind, die ausschliesslich durch die Veränderungen in der geometrischen Configuration bedingt sind.

---

1) Journ. de Physique 1894, 451. Ref. diese Zeitschr. 27, 440.

XXI. Ueber den Einfluss der Lösungsgenossen auf die Krystallisation des Calciumcarbonates.

Theil V.

Die scheibenförmigen Krystalliten des Calciumcarbonates.

Von

Heinrich Vater in Tharandt[1]).

(Mit 8 Textfiguren.)

---

a. Einleitung.

Hermann Vogelsang[2]) hat in seiner Abhandlung »Sur les Cristallites«, sowie in dem besonderen Buche »Die Krystalliten« folgende Definition aufgestellt:

»Krystalliten kann man alle diejenigen leblosen Gebilde nennen, denen eine regelmässige Gliederung oder Gruppirung eigenthümlich ist, ohne dass sie im Ganzen oder in ihren einzelnen Theilen die allgemeinen Eigenschaften krystallisirter Körper, insbesondere eine regelmässige polyëdrische Umgrenzung zeigen.«

---

1) Die bisherige Rechtschreibung des Namens »Tharand« ist in »Tharandt« umgeändert worden.

2) Hermann Vogelsang, Sur les Cristallites, Études cristallogénétiques. Arch. Néerlandaises, 1870, 5, 156, und: Die Krystalliten, herausgegeben von Ferdinand Zirkel, Bonn 1875.

Von derartigen Gebilden haben meine Krystallisationsversuche mit Calciumcarbonat bei 1°—20° C. nur zwei Arten entstehen lassen. Die eine Art habe ich bereits unter der Bezeichnung »garbenförmige und dergl. Aggregate« näher beschrieben [1]). Dieselben stehen den Krystallen noch sehr nahe, doch gehören sie wegen ihren augenfälligen Abweichungen von einer »regelmässigen polyëdrischen Umgrenzung« zweifellos zu den Krystalliten [2]). Die zweite Art stellt eigenthümliche, höchstens 0,08 mm Durchmesser aufweisende scheibenförmige Gebilde dar, von denen die Figg. 1—8 eine Vorstellung zu geben versuchen. Der vorliegende Theil dieser Abhandlung möge der Mittheilung meiner bisherigen Erfahrungen über diese scheibenförmigen Krystalliten gewidmet sein [3]). Der Kürze wegen werde ich in diesem Theile, dem Beispiele Gustav Rose's [4]) folgend, die scheibenförmigen Krystalliten schlechthin mit »Scheiben« bezeichnen.

Die den hier beschriebenen Scheiben nur entfernt ähnlichen sternförmigen Gebilde (sechsgliederige Sternkrystalliten nach Vogelsang), in welchen sich das Calciumcarbonat beim Erhitzen einer Calciumbicarbonatlösung theilweise ausscheidet [5]), sind bei den folgenden Erörterungen nicht mit inbegriffen.

b. Die bisherigen Angaben über die Scheiben.

So viel mir bekannt, erwähnt zuerst Link [6]) Gebilde, welche mit den von mir dargestellten Scheiben identisch sind. Link stellte Calciumcarbonatniederschläge durch Einleitung von Kohlensäure in Kalkwasser sowie durch Vermischen von Lösungen von Calciumchlorid und Ammoniumcarbonat dar und fand, dass diese Niederschläge aus Kugeln, Ringen und Rhomboëdern bestehen. Link's Abbildungen (dessen Figg. 4, 5 und 6) lassen mit Sicherheit erkennen, dass unter den »Ringen« die in den Figuren der vorliegenden Abhandlung dargestellten Scheiben in ihren ersten Entwickelungsstadien zu verstehen sind. Die von Link hervorgehobene Aehnlichkeit der »Ringe« mit gewissen von Ehrenberg [7]) in der Kreide beob-

1) Diese Abhandlung, Theil IV, diese Zeitschr. 1895, **24**, 378.

2) Diese Aggregate möchte ich mit »Sphärokrystalliten« bezeichnen, wie ich in meiner Abhandlung: »Das Wesen der Krystalliten« begründen werde.

3) Einigemale konnte ich bereits früher nicht umhin, die Scheiben in dieser Abhandlung nebenher zu erwähnen, und zwar im Theil II, diese Zeitschr. 1894, **22**, 219 und im Theil IV, a. a. O. 1895, **24**, 380, 382 u. 388 ff. Auf der letzten Zeile der letzteren Seite ist durch Druckfehler die Maximalgrösse der Scheiben statt zu 0,08 mm zu 0,8 mm angegeben worden.

4) Vergl. unten S. 479.

5) Vergl. wegen derselben Theil IV, a. a. O. S. 379 und Fig. 1.

6) H. F. Link, Ueber die erste Entstehung der Krystalle. Pogg. Ann. 1839, **46**, 258.

7) C. G. Ehrenberg, Ueber mikroskopische neue Charaktere der erdigen und derben Mineralien. Pogg. Ann. 1836, **39**, 101.

achteten Gebilden, den Organolithen [1]) der heutigen Nomenclatur, erstreckt sich jedoch nur auf den oberflächlichen Anblick der Scheiben. Eine weitergehende Aehnlichkeit ist keineswegs vorhanden.

Nahezu gleichzeitig mit Link und unabhängig von demselben versuchte Ehrenberg selbst, die von ihm beobachteten Kreidekörperchen durch Hervorrufen von Calciumcarbonatniederschlägen künstlich darzustellen. Er berichtet hierüber [2]): »Die wahren Kreidekörperchen hat er (der Verf. Ehrenberg), wie früher, so auch neulich, nicht nachmachen können, allein etwas ähnliche, nur nicht dieselben Gebilde entstehen häufig beim Niederschlagen des kohlensauren Kalkes.« Dass unter den »etwas ähnlichen, nur nicht denselben Gebilden« die »Scheiben« zu verstehen sind, ist höchst wahrscheinlich, doch lässt sich dies aus den Angaben Ehrenberg's nicht vollkommen beweisen.

Gustav Rose hat die Scheiben mehrfach beschrieben. Zunächst fand er [3]) dieselben in einer erdigen Masse vor, welche einem hohlen Stalaktiten aus einer Freiburger Grube entstammte. Diese erdige Masse schildert Rose folgendermaassen [4]): »Unter dem Mikroskope besteht sie, wie in Taf. IV, Fig. 8 (der Abhandlung von Rose) dargestellt ist, theils aus ..... Rhomboëdern ....., ausserdem aber aus eigenthümlichen Scheiben, die in der Mitte einen mehr oder minder sechsseitigen Kern haben. Sie scheinen in diesem Falle dadurch zu entstehen, dass sich sechs Rhomboëder um ein inneres symmetrisch gelegt haben, in anderen Fällen haben sie jedoch mehr das Aussehen von sechsseitigen Tafeln. Aber auch diese scheinen nur Abänderungen von Kalkspath zu sein, denn im Kolben vor dem Löthrohre erhitzt, gab das Pulver kein Wasser, und das specifische Gewicht betrug, wie bei dem Kalkspath, 2,715.« Unter »Pulver« ist hier jedenfalls die »erdige Masse«, welche Rose beschrieben hat, in ihrer Gesammtheit zu verstehen. Rose's Abbildung lässt keinen Zweifel darüber, dass die Scheiben dieser erdigen Masse den durch Fig. 1 dieser Abhandlung dargestellten Typus der scheibenförmigen Krystalliten besassen. Die unter d. mitgetheilte Entwickelungsgeschichte dieser Krystalliten lässt jedoch erkennen, dass keine dieser in den Einzelheiten so wechselvollen Formen durch Zusammenlagerung von Rhomboëdern entsteht.

Auch bei dem Verdunstenlassen von Calciumbicarbonatlösungen hat Rose derartige Scheiben, und zwar wiederholt, angetroffen [5]). So berichtet

1) Vergl. z. B. Steinmann und Döderlein, Elemente der Paläontologie 1890, S. 514.

2) In der Abhandlung: Ehrenberg, Ueber morpholithische Bildungen etc. Journ. f. prakt. Chemie 1840, 21, 102 ff.

3) Gustav Rose, Ueber die heteromorphen Zustände der kohlensauren Kalkerde. Erste Abhandlung. Abhandl. d. k. pr. Akad. d. Wissensch. z. Berlin 1856, 1.

4) a. a. O. S. 50.

5) Gustav Rose, a. a. O., Anfang des dritten Theiles, Monatsberichte der

er unter anderem von einer auf der Oberfläche einer verdunstenden kalten Lösung von Calciumbicarbonat entstehenden Krystalldecke: »Betrachtet man die Decke unter dem Mikroskope, so sieht man, dass sie entweder nur aus sehr vollkommen ausgebildeten und verhältnissmässig grossen Hauptrhomboëdern aus Kalkspath besteht, oder mit grösseren und kleineren Scheiben gemengt ist, die einen runden oder mehr noch einen welligen Rand und in dem Mittelpunkte eine kleine Kugel oder ein kleines Rhomboëder, was oft schwer zu entscheiden ist, enthalten.« In einer Fussnote fügt Rose noch hinzu: »Die blossen Rhomboëder bilden sich vorzugsweise aus concentrirteren, die Gemenge mit den Scheiben aus weniger concentrirten Flüssigkeiten, daher letztere stets neben den Rhomboëdern bei der sich bildenden zweiten Decke entstehen, wenn man die erste abgehoben hat.« Ferner berichtet Rose, dass die künstlich dargestellten Scheiben sich bei einer so starken Erhitzung, welche etwa gebundenes Wasser sicher austreiben würde, nicht verändern, und schliesst hieraus, dass dieselben aus Kalkspath bestehen und kein wasserhaltiges Calciumcarbonat sind. Ausserdem wird von dem genannten Forscher bemerkt: »Die Scheiben und Tafeln bilden sich immer nur auf der Oberfläche der Flüssigkeit, was für ihre Entstehung eine Bedingung zu sein scheint.« Diese auch für die von mir beobachteten Scheiben zutreffenden Beschreibungen beweisen, dass die von Rose und von mir bei den Krystallisationsversuchen erhaltenen Scheiben identisch sind. Die ebenfalls sicher vorliegende Identität der von ihm künstlich dargestellten Scheiben mit jenen aus den Stalaktiten von Freiburg erwähnt Rose nicht.

Schliesslich hat Rose auch bei seinem zweiten Diffusionsversuche das Auftreten von Scheiben beobachtet, wie bereits im Theil IV dieser Abhandlung auf S. 380 berichtet worden ist, wo das Nähere über die Anstellung und den Verlauf des Versuches nachgesehen werden möge. Nunmehr kommt noch folgende Ausführung Rose's in Betracht[1]): »Der oben erwähnte Schimmel bestand unter dem Mikroskope aus dünnen durcheinander geschlungenen Fäden, in welchen lauter sechsseitige Tafeln von Kalkspath sassen, die zuweilen an den Rändern abgerundet waren, sämmtlich aber in der Mitte eine Kugel von amorphem, kohlensaurem Kalk hatten. Der Bodensatz enthielt auch noch einzelne solcher Scheiben, die meisten aber bestanden aus den ähnlich gestalteten der Priestley'schen Materie; nach Ehrenberg, der sie untersuchte, hatten sie Aehnlichkeit mit einer Monade Chlamidomas pulvisculus.« Es dürfte kaum möglich sein, zu entscheiden, ob die ersteren der an dieser Stelle von Rose beschriebenen Scheiben mit

k. pr. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1860, 365. Die angeführten Stellen finden sich S. 369 bis 371.

1) Gustav Rose, Ueber die heteromorphen Zustände etc. Fortsetzung des dritten Theiles. Monatsber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1860, 578.

den von Rose sonst erwähnten und von mir dargestellten Scheiben identisch sind oder nicht.

Hermann Credner[1]) hat bei seinen bereits in den vorhergehenden Theilen citirten Versuchen ebenfalls neben den eigentlichen Krystallisationen einigemale Scheiben erhalten. Die von ihm als »sechsspeichige Rädchen aus Kalkspath« bezeichneten und in seiner Fig. 6 dargestellten Gebilde sind mit dem in Fig. 4 der vorliegenden Abhandlung dargestellten Gebilde identisch. Auch die in Credner's Fig. 1 abgebildeten »radialstrahligen Scheibchen von Kalkspath« und das kleinere Scheibchen in Credner's Fig. 4 dürften auf ähnliche Gebilde hindeuten.

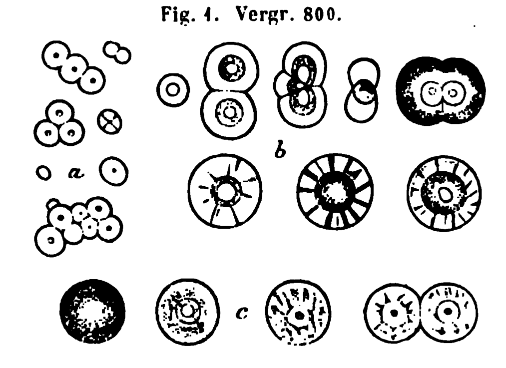
Sehr eingehend sind die Untersuchungen, welche Vogelsang in seinen unter a. citirten Arbeiten unter anderem auch über die Krystalliten des Calciumcarbonates angestellt hat. Er experimentirte in der Weise, dass er die Ausscheidung des Calciumcarbonates auf dem Objectträger unter dem Mikroskope vor sich gehen liess. Da es bei der Beschreibung der Krystalliten sehr auf die Einzelheiten ankommt, so sei mir gestattet, auch über die Angaben Vogelsang's nicht durch Umschreibung, sondern durch Mittheilung des Wortlautes der wesentlichsten Stellen, welche sich auf die Scheiben beziehen[2]), zu berichten: »Wir erhalten durch die Reaction von Chlorcalcium und kohlensaurem Ammoniak bei gewöhnlicher Temperatur nach der Verdichtung des ersten flockigen Niederschlages ganz ähnliche Kalkkörperchen, wie wir sie bei allen anderen in der Kälte erzeugten Präcipitaten von kohlensaurem Kalke wiederfinden: Scheiben, Kügelchen und Rhomboëder. Im Allgemeinen lässt sich wohl der Grundsatz aufstellen, dass aus concentrirten Lösungen mehr scharf umgrenzte rhomboëdrische Krystalle und Aggregate, aus schwachen Lösungen mehr rundliche, scheiben- und kugelförmige Gebilde entstehen. Die Menge und Grösse der letzteren nimmt zu, wenn man der Lösung etwas Gelatine hinzufügt ...« »Bei den kleinsten Kügelchen oder Scheibchen habe ich zuweilen keinerlei Polarisationswirkung wahrnehmen können, doch ist jedenfalls doppelte Brechung in verschiedenen Abstufungen die Regel, Isotropie die Ausnahme für diese Körper.« »In Fig. I auf Taf. XI (soweit dieselbe Scheiben darstellt, copirt als Fig. 1 der vorliegenden Abhandlung) ist eine Reihe solcher Formen nach guter 800maliger Vergrösserung abgebildet. Die Grössenverhältnisse sind naturgemäss sehr wechselnd. Die kleinsten Scheibchen (a) messen ein bis zwei Tausendstel Millimeter im Durchmesser, die grösseren (b) erreichen selten 0,01 mm. Die ersteren sind zuweilen

1) Hermann Credner, Ueber gewisse Ursachen der Formverschiedenheiten des kohlensauren Kalkes. Journ. f. prakt. Chem. 1870, **110**, 292. — Eine kurze Andeutung des Inhaltes findet sich im Theil I, diese Zeitschr. **22**, 438.

2) Citirt nach der deutschen Buchausgabe, S. 85—87.

ganz glatt, ohne jede deutliche Gliederung, gewöhnlich liegt aber in der Mitte ein punktartiger Kern, und der Rand erscheint wie bei den grösseren Scheiben auffallend dunkel durch die starke Brechungsdifferenz. Wahrscheinlich ist derselbe wulstig erhaben. Zuweilen sieht man auch eine schwache Andeutung einer radialen Theilung. Die grösseren Scheiben zeigen stets deutlich concentrische Abgrenzungen, und am äussersten Rande auch eine sehr feine radiale Streifung. Das Profil dieser Scheiben ist schwer mit Sicherheit zu erkennen, ich glaube jedoch, dass die Oberfläche nur sehr wenig von einer glatten Fläche abweicht, und dass die Zeichnung nur durch die innere Abgrenzung stärker hervortritt. Jedenfalls besteht ein Uebergang zwischen diesen flachen und den halbkugelig erhabenen Formen (c), welche im Inneren gewöhnlich ganz analoge Abgrenzungen und eine sehr feine radiale Streifung zeigen. Auch tritt in denselben gewöhnlich eine oder auch mehrere radiale Grenzlinien stärker hervor.« Aus dem Vergleiche dieser Angaben mit dem unten im Abschnitt d. Mitgetheilten geht hervor, dass die von Vogelsang und von mir erhaltenen Scheiben sich sehr nahe stehen. Die im Allgemeinen geringfügigen Abweichungen dieser Gebilde von einander mögen sich zum Theil aus der verschiedenen Art ihrer Darstellung, zum Theil vielleicht auch aus der Gegenwart von etwas verschiedenen, spurenweise vorhandenen Beimengungen der zu ihrer Darstellung angewandten Chemikalien erklären (vergl. hierzu weiter unten Abschnitt g.).

Fig. 1. Vergr. 800.



Jene bereits bekannten Krystalliten, welche aus Calciumcarbonat und bestimmbaren Mengen von organischen Substanzen bestehen, werden auf S. 501 erwähnt.

c. Das Auftreten der Scheiben. Die Untersuchungsmethode.

Wie bereits aus dem unter b. Mitgetheilten hervorgeht, bilden sich die Scheiben bei der Ausscheidung von Calciumcarbonat sowohl durch Wechselzersetzung als auch durch Verdunstung von Calciumbicarbonatlösungen. Beide Methoden der Ausscheidung habe ich bei meinen bisherigen Krystallisationsversuchen angewendet, allein, abgesehen von orientirenden Versuchen, nur unter Anwendung grösserer Mengen der Lösungen. Bei Anwendung der Wechselzersetzung wurde die Vermischung der sich

umsetzenden Salze durch Diffusion herbeigeführt[1]). Hierdurch wurde bedingt, dass bei diesen Versuchen nicht die Anfangs- und Zwischenstadien der Ausscheidungen untersucht werden konnten, sondern nur das nach Beendigung der Umsetzung durch Diffusion vorliegende Product. Dasselbe wurde stets von Scheiben frei befunden. Bei denjenigen Versuchen jedoch, bei denen Calciumbicarbonatlösungen verdunsteten, wurden die Ausscheidungen in ihren verschiedenen Stadien geprüft. Hierbei hatte im Gegensatze zu der Beobachtungsmethode von Vogelsang an Stelle eines einzigen Präparates, welches unter dem Mikroskope das Calciumcarbonat abscheidet, eine Reihe von Präparaten zu treten, welche den Ausscheidungen derselben Lösung in entsprechenden Zeitabschnitten entnommen wurden. Durch den langsameren Verlauf der Ausscheidung bei der letzteren Methode, sowie durch die hierbei auftretenden grösseren Dimensionen der Scheiben werden die Beobachtungen ungemein erleichtert, und durch die Reihe der Präparate die einzelnen Entwickelungsstadien des Niederschlages fixirt.

Einige besondere Versuche, bei denen Tropfen von Bicarbonatlösung auf Objectträgern unter dem Mikroskope verdunsteten, zeigten in Uebereinstimmung mit Vogelsang's Beobachtungen[2]), dass den Ausscheidungen aus Bicarbonatlösungen keinerlei gelatinöse Vorstadien vorangehen. Auch rein kugelige Gebilde entstehen bei diesen Ausscheidungen nicht. Es tritt daher bei der Verdunstung von Calciumbicarbonatlösungen das Calciumcarbonat nur in der Form von Krystallen und Scheiben auf.

In Uebereinstimmung mit Rose's Angaben[3]) fanden sich nur in den unmittelbar unter der Oberfläche der Lösungen entstandenen Ausscheidungen neben den Krystallen auch Scheiben vor. Die Ausscheidungen an den Glasflächen der Krystallisirgefässe bestanden ausschliesslich aus Krystallen. Falls die von Rose bei seinem zweiten Diffusionsversuche erwähnten Scheiben[4]) mit den hier besprochenen identisch sein sollten, so würden dieselben die einzige, durch ganz besondere Verhältnisse bedingte Ausnahme von dieser Regel bilden.

Von den zur Erzeugung des Calciumcarbonatniederschlages verwendeten und den bei zahlreichen Versuchen absichtlich als Lösungsgenossen zugesetzten Substanzen hat sich das Auftreten der Scheiben völlig unabhängig erwiesen. Wird derselbe Krystallisationsversuch mit Substanzen wiederholt, die denselben chemischen Präparaten entnommen sind, so treten unter sonst gleichen Verhältnissen die Scheiben in nahezu oder völlig

1) Vergl. Theil I, diese Zeitschr. 21, 442 und 453 und Theil IV, diese Zeitschr. 24, 383.

2) Vogelsang, Die Krystalliten S. 82 u. 83.

3) Vergl. oben S. 480.

4) Vergl. oben S. 480.

gleicher Weise auf. Stammen hingegen die, so weit nachweisbar, chemisch reinen und identischen Substanzen von verschiedenem Ausgangsmaterial, so zeigt die Ausscheidung in Bezug auf die Scheiben ein anderes Verhalten. Es lässt sich jedoch nicht verkennen, dass, je sorgfältiger gereinigte Reagentien angewendet werden, die Scheiben in einer um so geringeren Anzahl auftreten und häufig auch ganz fehlen.

Im Allgemeinen entstehen die Scheiben gleichzeitig mit den ersten Krystallen und bilden, wenn sie überhaupt vorhanden sind, in der Regel einen völlig zurücktretenden Bestandtheil der Ausscheidung. Meist sind die Scheiben zwischen den Krystallen so ungleichmässig vertheilt, dass in Ausscheidungen, welche Scheiben enthalten, beim Durchmustern mit dem Mikroskope in weitaus den meisten ein Gesichtsfeld von etwa 0,2 qmm bildenden Flächen keine Scheiben angetroffen werden, während andere von diesen Arealen Scheiben aufweisen, welche, in allerdings seltenen Fällen, bis zu 40 % der Individuenzahl der Ausscheidung erreichen. Wird wenige Tage (höchstens fünf) nach Einschütten einer Bicarbonatlösung in eine Krystallisirschale die zuerst entstehende Ausscheidung entfernt, so ist die nunmehr entstandene zweite Ausscheidung zuweilen reicher an Scheiben als die erste Ausscheidung. Dies war auch bei jener Lösung der Fall, mit welcher Rose experimentirt hat[1]. Doch tritt diese Erscheinung keineswegs immer ein, sondern, wie eben gesagt, nur zuweilen, und zeigen die am besten gereinigten Präparate auch bei der zweiten Ausscheidung häufig gar keine Scheiben. Der Feststellung der näheren Umstände, unter denen die zweite Ausscheidung mehr Scheiben aufweist, wie die erste, ist der Abschnitt f. (S. 497) gewidmet.

Bei Ausscheidungen, bei denen nur farblose Krystalle auftreten, sind auch die eventuell auftretenden Scheiben ausnahmslos ungefärbt. Diese ungefärbten Scheiben waren in ihren Formen keineswegs völlig constant und hatten in den bisher von mir beschriebenen Versuchen ebenfalls ausnahmslos die seltsame Eigenschaft, in kurzer Zeit wieder zu verschwinden. In demjenigen Stadium der Ausscheidung, welches bei den bisher von mir veröffentlichten Verdunstungsversuchen als Ergebniss beschrieben werden musste, waren die anfangs mitunter vorhandenen farblosen Scheiben längst nicht mehr vorhanden. Von längerer Dauer erwiesen sich jedoch gefärbte Scheiben, die in solchen Ausscheidungen auftraten, welche neben ungefärbten Krystallen auch gefärbte Krystalle bezw. garbenförmige Aggregate lieferten. Bei diesen Versuchen waren in dem als Ergebniss anzusehenden Stadium die gefärbten Scheiben zuweilen noch vorhanden[2].

---

1) Vergl. oben S. 480.

2) Vergl. Theil IV, diese Zeitschr. **24**, 388.

d. Entwickelung und Eigenschaften der farblosen Scheiben.

Besonderer Versuch zur Feststellung der Formwandlung und des Verschwindens der Scheiben.

Versuch 55.

Als mir gleich bei Beginn meiner Versuche über die Krystallisation des Calciumcarbonates vor sechs Jahren die scheibenförmigen Krystalliten entgegentraten, erkannte ich wohl, dass die Vollständigkeit meiner Untersuchung verlange, die Natur dieser Scheiben näher zu erforschen. Allein es fehlte mir an einem Ausgangsmaterial, mit welchem ich genügend sicher eine an Scheiben reiche Ausscheidung durch Verdunstung von Calciumbicarbonat hätte herstellen können. Aus der Beobachtung der sich zwar häufig, aber stets unerwartet vorfindenden Scheiben konnte ich zu keiner Vorstellung über deren Wesen gelangen. Da gelangte ich vor ungefähr zwei Jahren zufällig in den Besitz eines zur Untersuchung der Scheiben geeigneten Rohmateriales.

Um der Mühe der sehr umständlichen und bei meinen Versuchen immer wieder erforderlich werdenden Darstellung von chemisch reinem Calciumcarbonat[1]) künftig überhoben zu sein, liess ich dasselbe versuchsweise in einer chemischen Fabrik darstellen. Das mir übersandte Präparat sah rein weiss aus, hatte jedoch im hohen Grade den specifischen Geruch der Droguerien an sich. Das Mikroskop liess erkennen, dass das Präparat aus Kalkspathkrystallen und aus Scheiben bestand. Die ersteren waren bis 0,036 mm gross, und traten an Individuenzahl sehr zurück, überragten jedoch etwas an Masse über die nur einen Durchmesser von höchstens 0,016 mm erreichenden Scheiben. Die chemische Analyse ergab 0,24 % Magnesia. Andere Verunreinigungen wurden nicht aufgefunden. Insbesondere war das Präparat völlig frei von Chloriden und Sulfaten. Eine Probekrystallisation der zusatzfreien kohlensauren Lösung dieses Präparates ergab neben Rhomboëdern von Kalkspath sehr zahlreiche farblose scheibenförmige Krystalliten. Somit war das Präparat als reines Calciumcarbonat nicht zu gebrauchen. Desto besser eignete sich dasselbe jedoch zur Darstellung von Scheiben.

Versuch 55. Durch Wasser, in welchem eine grössere Menge des eben beschriebenen Präparates suspendirt worden war, wurde drei Tage lang bei 7° C. ein kräftiger Strom Kohlensäure geleitet. Die hierdurch entstandene Lösung enthielt 1,309 g Calciumcarbonat und 0,085 g Magnesiumcarbonat im Liter. Diese Lösung wurde in Portionen zu je 700 ccm je 100 Mal in einem 2-Liter-Kolben kräftig durchgeschwenkt und dann in

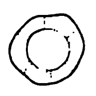
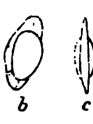
1) Vergl. Theil I, Versuch 2, diese Zeitschr. 21, 441.

grossen Schalen zur Krystallisation gestellt. Wenige Minuten nach dem Einschütten der Lösung in die Schalen begann sich Calciumcarbonat an der Oberfläche der Lösung auszuscheiden und spielte sich die Entwickelung und das Verschwinden der Scheiben in etwa vier Wochen ab. Die Temperatur im Krystallisationszimmer schwankte während dieser Zeit zwischen 5° und 8° C. Am Ende der ersten Woche wurde die zu einer engmaschigen Decke erstarkte Ausscheidung unter der Wasseroberfläche einer der Schalen abgehoben und auf einen Gehalt an Magnesium untersucht. Es liess sich jedoch kein Magnesium nachweisen.

Mit den ersten Rhomboëdern zugleich und von gleicher Grösse, aber an Individuenzahl dieselben zunächst ganz beträchtlich übertreffend, erschienen bei Versuch 55 Krystalliten, welche die Anfangsstadien der Scheiben darstellten. Bald entstanden noch zahlreiche Rhomboëder, bis sich nach ein paar Stunden die Anzahl der Rhomboëder zu jener der Scheiben etwa wie 2 : 5 verhielt. Von da an kamen an jenen Theilen der Oberfläche der Lösungen, an welchen die Ausscheidung ungestört verlief, Neubildungen von Rhomboëdern und Scheiben kaum noch vor.

In dem Dasein der Scheiben liessen sich vier Perioden unterscheiden: drei Perioden des Wachsthums und eine Periode der Auflösung.

Fig. 2. Vergr. 500.

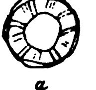
Die erste Periode der Scheiben wird durch Fig. 2 repräsentirt. Keines dieser Gebilde hatte die Gestalt einer Kugel, sondern, sowie sie jene Grösse erlangten, bei welcher sie mit den besten Linsen eben deutlich gesehen werden konnten, ähnelten sie einem abgeplatteten Rotationsellipsoide, welches an seinem Aequator von einem senkrecht abstehenden scheibenförmigen Rande umgeben wird. Der Uebergang der Oberfläche des Ellipsoides in jene des Randes wurde durch eine Krümmung von minimalem Radius vermittelt. Fig. 2*a* stellt ein derartiges Gebilde auf einem Pole liegend dar. Die beiden ringförmigen Contouren dieser Ansicht entsprachen in der Natur niemals genau Kreislinien, wenn auch mitunter die Annäherung an Kreislinien beträchtlicher war, wie in der Figur. Besonders die äussere Contour ähnelte in der Regel mehr oder minder einem gleichseitigen Sechseck, jedoch auch diese Form wurde niemals vollkommen erreicht. Fig. 2*c* zeigt ein derartiges Gebilde auf den Rand gestellt und Fig. 2*b* in einer Zwischenlage. Die Stellung *a* möge mit »Flächenansicht«, die Stellung *c* mit »Profilansicht« bezeichnet werden, ferner in Anschluss an Rose der einem Rotationsellipsoide ähnliche Theil der vorliegenden Krystalliten mit »Kern«[1]. Der Kern der Scheiben entbehrte dauernd einer sichtbaren inneren Structur, der Rand erschien zuerst ebenfalls ohne solche. Anfangs wuchsen

1) Siehe oben S. 479.

Kern und Rand ungefähr gleichmässig, bis zu einem Durchmesser in der Flächenansicht von 0,01 — 0,02 mm. Währenddem wurden jedoch auf dem Rande allmählich radiär gestellte Linien sichtbar, von denen schliesslich allermeist sechs, aber auch mitunter fünf oder sieben besonders hervortraten. Diese sechs Linien bildeten aber keineswegs Winkel von genau 60° miteinander, sondern vertheilten sich nur mehr oder minder gleichmässig über den Rand. Die Fig. 2 stellt diese bei Versuch 55 zwei Tage dauernde erste Entwickelungsperiode in ihrem Ausgangsstadium dar. Die Rhomboëder hatten inzwischen eine Grösse von im Maximum 0,03 mm erlangt.

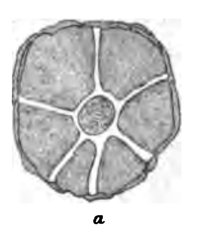
Das Wachsthum der Scheiben in der zweiten und in der dritten Periode ihrer Entwickelung erstreckte sich überwiegend oder ausschliesslich auf den Rand, während der Kern im Wesentlichen oder völlig unverändert blieb. Das besondere Wachsthum des Randes begann damit, wie in der Profilansicht Fig. 3*b* darzustellen versucht worden ist, dass sich derselbe in eine grössere Anzahl blumenblattähnlicher Gebilde zerlegte. Indem die mittleren Lagen dieser letzteren etwas über die beiden seitlichen herausragten, erhielten die Scheiben in der Flächenansicht (Fig. 3*a*) eine schmale äussere Umsäumung. Nunmehr wurde der Rand breiter, und von der in der vorigen Periode entstandenen Liniirung desselben blieben nur die meist zu sechs vorhandenen, besonders hervortretenden Linien übrig. Dem oberflächlichen Anblicke nach und nicht dem Wesen nach geschildert hatten sich jedoch inzwischen die sechs hervortretenden Linien allmählich zu breiten Bändern umgewandelt und sich durch ein den Kern umgebendes Band verbunden. Diese Umrandung des Kernes (vgl. Fig. 4*a*) war ebenso mannigfaltig wie unbestimmt, zwischen kreisrund und regelmässig-sechsseitig stehend, ohne jemals das eine oder das andere vollkommen zu erreichen. Jene Sculpturen, welche den Eindruck der eben geschilderten Bänder hervorriefen, bestanden aus entsprechenden Vertiefungen der Scheiben. Diese Vertiefungen waren wegen ihrer geringeren Dicke durch Helligkeit vor den übrigen Theilen der Scheiben ausgezeichnet, was in Fig. 4*a* durch leichte Schraffirung der übrigen Theile der Scheiben angedeutet werden soll. Die von je zwei radialen Vertiefungen begrenzten Theile in der Flächenansicht der Scheiben können nichts anderes sein, als die oberste Lage jener blumenblattähnlichen Gebilde, welche die Figg. 3*b* und 4*b* von der Seite zeigen. Die Anzahl der Lagen dieser blumenblattähnlichen Gebilde nimmt allmählich zu. Fig. 4*b* lässt sechs Lagen derselben erkennen. Als Höchstbetrag wurden zehn Lagen gezählt. Die äussere Umsäumung des Randes blieb

Fig. 3. Vergr. 500.




a *b*

Fig. 4. Vergr. 500.

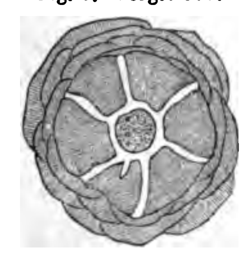



a *b*

während dieser fünf Tage dauernden zweiten Periode noch schmal, der Durchmesser der Scheiben in der Flächenansicht stieg jedoch im Maximum auf 0,05 mm, während gleichzeitig die Rhomboëder bis 0,11 mm Durchmesser erlangten.

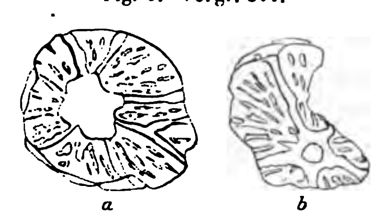
Während der dritten und zugleich letzten Wachsthumsperiode der Scheiben veränderte sich in der Flächenansicht derselben nur noch die äussere Umsäumung. Die in der Seitenansicht mittleren Lagen der blumenblattähnlichen Gebilde vergrösserten sich in diesem Zeitabschnitte immer mehr in der Weise, dass ihre Ränder unter bezw. über den Rändern der nächsten nach aussen zu gelegenen Lage hervorragten. Fig. 5 versucht, hiervon in der Flächenansicht eine Anschauung zu geben. Im Profil sehen diese Formen im Wesentlichen zunächst noch so aus, wie es Fig. 4b darstellt. Bei ihrer weiteren Entwickelung krümmten sich jedoch die über der obersten bezw. untersten Lage herausragenden blumenblattähnlichen Gebilde ziemlich stark nach oben bezw. unten, so dass dann der Flächenanblick der Scheiben einer halbgefüllten Rose einigermassen ähnlich wurde. Hierbei stellte sich noch die seltsame Erscheinung ein, dass zahlreiche Scheiben ganz deutlich sämmtliche blumenblattähnlichen Gebilde nur nach einer Seite gekrümmt zeigten. Zwei oder drei Tage seit Beginn dieser Periode erreichten die Scheiben bei einem Maximaldurchmesser von 0,07 mm den Höhepunkt ihrer Entwickelung, während die gleichzeitige Maximalgrösse der Rhomboëder 0,12 mm betrug.

Fig. 5. Vergr. 500.



Nach einigen Tagen, in welchen wohl noch die Rhomboëder wuchsen, aber die Scheiben sich merklich gleich blieben, trat die vierte Periode des Daseins der letzteren, ihr Zerfall, ein. Wie die Figg. 6*a* und 6*b* veranschaulichen sollen, lösten sich nunmehr in völlig regelloser Weise, bald vom Centrum und bald von der Peripherie aus, die Scheiben auf. Hierbei erlangten die noch nicht aufgelösten Theile der Scheiben die in den Figg. 6*a* und 6*b* angegebene eigenthümliche Oberflächenstructur. Diese Structur vermag ich nur als radiär gestellte Aetzhügel zu deuten. Nach drei Wochen vom Anstellen des Versuches an gerechnet waren die Scheiben bis auf solche geringe Reste, wie Fig. 7 einen darstellt, aufgelöst. In diesem Zustande sind die ehemalige Flächen- und die ehemalige Profilansicht nicht mehr verschieden. Ohne den Zusammenhang zu kennen, würde man sicher derartige und noch kleinere Restchen, wie das in Fig. 7 dar-

Fig. 6. Vergr. 500.



gestellte, als zum Formenkreise des so mannigfach gestalteten Staubes gehörig betrachten. Vier Wochen nach dem Ansetzen des Versuches liessen sich keinerlei Körperchen mehr mit Sicherheit als Reste von Scheiben erkennen, dieselben waren somit durch Auflösung verschwunden. Die Maximalgrösse der Rhomboëder war hingegen auf 0,14 mm gestiegen, und hatten dieselben hiermit ihr Wachsthum im Wesentlichen beendet.

Fig. 7.
Vergr. 500.



Erweiterung der vorigen Angaben durch anderweitige Beobachtungen.

Wenn auch die farblosen Scheiben im grossen Ganzen stets jenen Entwickelungsgang erkennen lassen, der bei Versuch 55 beschrieben worden ist, so treten doch bei den Scheiben, welche sich in den verschiedenen Ausscheidungen vorfinden, in Bezug auf die Einzelheiten der Form und besonders in Bezug auf die Zeitdauer der Entwickelungphasen beträchtliche Verschiedenheiten auf. Diese Verschiedenheiten werden, wenigstens zum Theil, durch sehr geringfügige Umstände bedingt. Dies geht daraus hervor, dass sogar dieselbe Lösung, welche in zwei gleiche Theile getheilt in zwei gleiche Schalen in gleicher Weise zur Krystallisation gestellt wird, mitunter, besonders in Bezug auf die Zeit, in ihren Ausscheidungen Verschiedenheiten aufweist. Der von mir unternommene Versuch, diese Verhältnisse in ihren Einzelheiten und Ursachen klar zu legen, hat nur gezeigt, dass dies im Allgemeinen noch nicht möglich ist. Daher muss ich mich darauf beschränken, gleichsam anmerkungsweise einiges von dem zusammenzustellen, was bei sieben Wiederholungen des Versuches 55 mit neuen Lösungen und bei anderen Temperaturen, bei den unten näher beschriebenen, ebenfalls wiederholten Versuchen 56—63, sowie bei den zufällig beobachteten Scheiben gefunden wurde.

Bei den mehr als 200 Verdunstungsversuchen, welche ich bisher angestellt und zum Theil wiederholt ausgeführt habe, konnte ich mich jedesmal überzeugen, dass, falls Scheiben überhaupt auftreten, dieselben gleichzeitig mit den ersten Krystallen entstehen. Doch während die Bildung von Krystallanfängen noch längere Zeit (meist Stunden) fortdauert, ist dies bei den Scheiben nicht oder wenigstens in unvergleichlich geringerem Grade der Fall, so dass regelmässig während der ersten Stunden eine Verschiebung der relativen Anzahl der beiden Gebilde zu Gunsten der Krystalle eintritt. Hat sich bereits eine mehr oder minder netzartige Ausscheidungsdecke auf einer Lösung von Calciumbicarbonat gebildet, was spätestens innerhalb 24 Stunden nach Beginn der Ausscheidung der Fall ist, so pflegen bei ungestörtem Fortgange der Ausscheidung neue Anfänge von Krystallen und Scheiben nicht mehr zu entstehen. Die einzelnen Scheiben derselben Ausscheidung vollführen ihre Formwandlung ziemlich gleichmässig. Nur wenige

Scheiben eilen in ihrer Entwickelung der grossen Menge beträchtlich voran, und nur selten bleibt eine Scheibe hinter den übrigen beträchtlich zurück.

Die bei Beginn der Ausscheidung eben erkennbaren, gleichzeitig entstehenden Krystalle und Scheiben besitzen stets während der ersten Stunden ihrer Entwickelung ungefähr gleiche Grösse. Doch bald entstehen nach zwei Beziehungen hin Unterschiede. Die einzelnen Krystalle pflegen so verschieden rasch zu wachsen, dass deren Minimal- und Maximalgrössen sich bei sehr vielen Ausscheidungen bald mindestens wie 1 : 10 verhalten, während die Scheiben meist ziemlich gleichmässig wachsen und höchstens im Verhältniss 1 : 2 in ihren Grössen schwanken. Die mittlere Grösse der Krystalle und der Scheiben bleibt sich auch nicht gleich, sondern es schwankt, von Fall zu Fall verschieden, der Mittelwerth der grossen Durchmesser der Scheiben etwa zwischen dem fünften Theile und dem Doppelten der mittleren Grösse der Krystalle. So oft das Verschwinden der Scheiben zur Beobachtung gelangte, so oft fand sich auch, dass die Krystalle während des Verschwindens der Scheiben ihr Wachsthum noch nicht abgeschlossen hatten, sondern weiter wuchsen.

Während die in Fig. 2 auf S. 486 angedeuteten Gebilde meist in irgend welchen »Zwischenlagen«, wie Fig. 2*b* eine darstellt, unter der Oberfläche der Lösung hängen, pflegen die Scheiben, insbesondere wenn sie vereinzelt auftreten, in ihren späteren Stadien (Fig. 3—5), allermeist ihre flache Seite der Oberfläche des Wassers parallel zu stellen. Nächstdem wird in späteren Stadien die zur Oberfläche des Wassers senkrechte Lage bevorzugt. Die schiefe Lage wird dann selten.

Die Scheiben der eventuell hervorgerufenen zweiten Ausscheidungen[1]) sind mit denjenigen der ersten Ausscheidungen vollkommen identisch.

Die Form der Scheiben zeigt stets denselben Typus und, soweit beobachtet, eine analoge Entwickelung. Von den auftretenden Abweichungen in den Einzelheiten der Form mögen nur zwei erwähnt werden. Die eine betrifft das Verhältniss zwischen der Grösse des Kernes und jener des Randes. Während bei einigen Ausscheidungen die Scheiben in dem in Fig. 4 dargestellten Stadium einen Kern besitzen, dessen Durchmesser kaum $\frac{1}{4}$ des Gesammtdurchmessers beträgt, steigt der erstere bei anderen Ausscheidungen bis zu $\frac{3}{5}$ des letzteren. Ferner bleiben die blumenblattartigen Gebilde der Scheiben mancher Ausscheidungen, wie z. B. jener des Versuches 55, bis zu ihrem Verfalle, auch bei Anwendung eines Mikroskopes mit homogener Immersion, ungegliedert, während in anderen Fällen

1) Ueber die mitunter an Scheiben reicheren zweiten Ausscheidungen vergl. S. 484 und S. 497.

diese Gebilde bereits bei der Betrachtung mit Trockenlinsen sich deutlich aus concentrisch gestellten kleinsten Stäbchen zusammengesetzt erweisen.

Wenn auch die Scheiben auf den verdunstenden Lösungen beim Grösserwerden aneinander und an die Krystalle anwuchsen, so wurden doch Gebilde, welche den in Fig. 1 auf S. 482 neben einfachen Scheiben dargestellten Verwachsungen gleichen, nicht aufgefunden.

Die Entwickelung der Scheiben erreicht nicht jedesmal das durch Fig. 5 versinnbildlichte Stadium. Sehr häufig tritt bereits nach längerem oder kürzerem Verharren in dem in Fig. 4 angedeuteten Stadium der Verfall ein. Die absolute Grösse, welche die Scheiben vor ihrem Verfalle erreichen, beträgt in beiden Fällen, soweit beobachtet, überhaupt höchstens 0,08 mm, bei den meisten Ausscheidungen aus concentrirten Lösungen jedoch höchstens 0,06—0,07 mm. Für die einzelnen Scheiben derselben Ausscheidung schwankt diese Grösse (der grösste Durchmesser) zwischen den angegebenen und kleineren Werthen, welche nur sehr selten bis zur Hälfte des Maximums der betreffenden Ausscheidung herunter gehen. In Bezug auf die Grösse der Scheiben in Ausscheidungen aus verdünnteren Lösungen vergl. auf S. 497 die Versuche 56—59.

Die Zeit, in welcher die Scheiben die Stadien ihres Daseins durchlaufen, ist sehr wechselnd, und scheint hierbei neben anderen Umständen besonders die Temperatur und die Menge der gegenwärtigen Kohlensäure einen bestimmenden Einfluss auszuüben. Wärme und Mangel an Kohlensäure beschleunigen die Entwickelung, so dass bei etwa 20° C. die Scheiben in der Ausscheidung einer kräftig geschüttelten Calciumbicarbonatlösung bereits in drei Tagen den Höhepunkt ihrer Entwickelung zu erreichen pflegen. Umgekehrt wird der einmal eingetretene Vorgang der Auflösung der Scheiben durch geringe Temperatur und Gegenwart von Kohlensäure beschleunigt. Ausserdem lösen sich die Scheiben um so schwieriger wieder auf, je mehr von denselben zugegen sind. Lässt man dieselbe Lösung von Calciumcarbonat in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser in zwei Portionen sowohl unausgeschüttelt, als auch ausgeschüttelt sich mit einer Ausscheidung bedecken, so entstehen im ersten Falle unvergleichlich weniger Scheiben, und verschwinden dieselben auch rascher wieder. Höhere Temperatur und Mangel an Kohlensäure hemmen die Auflösung der Scheiben. Dies kann sich soweit steigern, dass die Scheiben vielleicht nicht völlig verschwinden, wie dies in dem folgenden Falle beobachtet wurde. Eine hoch concentrirte und stark ausgeschüttelte Lösung ergab bei 22° C. sehr rasch eine an Scheiben auffallend reiche Ausscheidung. Die nach einigen Tagen in üblicher Weise eintretende Auflösung der Scheiben blieb jedoch nach etwa einem Monat bei dem in den Figg. 6*a* und 6*b* dargestelltem Stadium für die Dauer (ein Jahr lang beobachtet) merklich stehen. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, dass der Auflösungsvorgang wegen der

grossen Menge von Scheiben und der geringen Menge von freier bezw. halbgebundener Kohlensäure noch unvollendet war, als die letzte Menge der halbgebundenen Kohlensäure in die Atmosphäre entwich[1]).

Von der Mutterlauge getrennt, als trockenes Präparat, zeigen die Scheiben, soweit die Beobachtung reicht, keinerlei Veränderungen mehr. Auch das von **Rose** erkannte Vorkommniss von Scheiben in der Natur[2]) beweist die Stabilität der nicht im kohlensäurehaltigen Wasser befindlichen Scheiben.

Das Verhalten der Scheiben zwischen gekreuzten Nicol'schen Prismen.

Die das Anfangsstadium der Scheiben darstellenden, in Fig. 2 abgebildeten Körperchen brechen bereits, wie alle Entwickelungsstadien der Scheiben, das Licht doppelt. Bei gekreuzten Nicols sind die lebhaftesten Interferenzfarben der Scheiben (in gewissen Lagen) von den lebhaftesten Interferenzfarben von gleich grossen Kalkspathkrystallen nicht merklich verschieden. Die auf einem Pole ruhenden ellipsoidischen Körperchen sind, so lange sich noch keine radiäre Liniirung des Randes derselben eingestellt hat, zwischen gekreuzten Nicols vollkommen dunkel und bleiben es auch beim Drehen des Objecttisches. In den übrigen Lagen macht sich die Doppelbrechung bemerkbar, und tritt die Auslöschung ein, wenn die Axe des Ellipsoides einem der Nicolhauptschnitte parallel liegt. Allmählich bedeckt sich nun, wie oben S. 487 erwähnt, der Rand der Scheibe mit radiären Streifen. Hiermit verbindet sich eine Aenderung des optischen Verhaltens des Randes der Scheibe in der Flächenansicht (Fig. 2*a*, 3*a*, 4*a*, 5) in der Weise, dass sich allmählich die für Centralschnitte von Sphärolithen charakteristischen Polarisationserscheinungen einstellen. Das Centrum der sich herausbildenden Sphärolithpolarisation ist der Mittelpunkt des Kernes der Scheibe. Der Kern selbst wird aber von dieser Polarisation nicht mit ergriffen und bleibt bei gekreuzten Nicols stets dunkel. Diese sphärolithische Polarisation ist völlig unabhängig davon, ob die Formenwandlung der Scheiben bis zur Herausbildung der »blumenblattähnlichen« Gebilde fortschreitet, oder nicht, und tritt bei den blumenblattähnlichen Gebilden unabhängig davon ein, ob sich dieselben unter dem Mikroskope in ein Aggregat radiär gestellter Stäbchen auflösen lassen oder nicht. Von der Seite gesehen (Fig. 3*b* und 4*b*) zeigen die blumenblattähnlichen Gebilde Interferenzfarben und löschen aus, wenn ihre Flächenerstreckung einem Nicolhauptschnitte parallel gerichtet ist. Die sphärolithartigen Polarisationserscheinungen behalten die Scheiben auch während ihres Zerfalles bei.

1) Ueber die Zeitdauer der Auflösung vergl. jedoch auch S. 495 unter »Auflösung«.
2) Vergl. oben S. 479.

Eine für die Beurtheilung der sphärolithischen Polarisation wesentliche Beobachtung enthält der entsprechende Theil des Abschnittes e. auf S. 495.

Die chemische Zusammensetzung der Scheiben.

Meine Beobachtungen bestätigen vollkommen die oben unter a. mitgetheilten Untersuchungen Rose's, wonach die Scheiben, soweit dies die übliche chemische Analyse erkennen lässt, aus wasserfreiem Calciumcarbonat bestehen.

Das specifische Gewicht der Scheiben.

Um genügendes Material zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der Scheiben zu erlangen, wurden vier Krystallisirschalen mit je 700 ccm geschüttelter Lösung beschickt. Die Lösung war aus dem bei Versuch 55 angewandten Präparate bei 17°—20° C. dargestellt worden und enthielt 1,2 g Calciumcarbonat im Liter als Bicarbonat gelöst. Zur Abwehr des bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes so störenden Staubes wurden die Krystallisirschalen unter Glasglocken über Natronlauge von 10 % aufgestellt. Als bei 20°—22° C. bereits am dritten Tage die Scheiben das durch Fig. 5 dargestellte Stadium erlangt hatten, wurden die gesammten Ausscheidungen durch Filtration von den Lösungen getrennt und ausgewaschen. Die Krystalle und die Scheiben waren sehr gleichmässig gemischt entstanden, und verhielt sich die Anzahl der Rhomboëder zu jener der Scheiben etwa wie 2 : 5. Anderweitige Ausscheidungen, insbesonders garbenförmige Aggregate, waren nicht vorhanden.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes geschah, wie in Theil IV[1]) S. 393 angegeben worden ist, und wurde von einer Reihe trüber Tage sehr begünstigt. Unter Anwendung des a. a. O. näher begründeten Schemas hat die Bestimmung folgendes Ergebniss geliefert:

Specifisches Gewicht der Thoulet'schen Lösung	Der bei diesem Gewichte neu ausfallende Theil der ursprünglich suspendirten Menge, ausgedrückt in abgeschätzten Procenten	Ungefähres Verhältniss der Anzahl der Rhomboëder zu jener der Scheiben
2,714	0	—
2,700	2	1 : 1
2,678	10	1 : 1
2,669	30	1 : 3
2,664	20	1 : 3
2,652	30	1 : 3
2,626	8	1 : 1

1) Diese Zeitschr. 1895, **24**, 378 ff.

Diese Sonderung zeigt, dass die farblosen Scheiben in gleicher Weise wie die mit ihnen zugleich entstandenen Rhomboëder ein sehr schwankendes specifisches Gewicht besitzen, und dass die Schwankungen des specifischen Gewichtes beider Gebilde zwischen dieselben Grenzen fallen. In der Anzahl der Individuen in den einzelnen Sonderungsklassen ist jedoch der Unterschied vorhanden, dass, während circa drei Viertel aller Scheiben ein specifisches Gewicht zwischen 2,678 und 2,652 besitzen, nur circa die Hälfte aller Rhomboëder in dieses Intervall gehört. Irgend ein unmittelbar sichtbarer Unterschied zwischen den schwersten und den leichtesten Rhomboëdern und Scheiben konnte nicht aufgefunden werden.

Das Hauptergebniss dieser Sonderung liegt darin, dass durch dieselbe nachgewiesen wird, dass das specifische Gewicht der Scheiben jenem des Kalkspaths sehr nahe steht. Dieses stimmt mit dem Befunde Rose's[1]) überein.

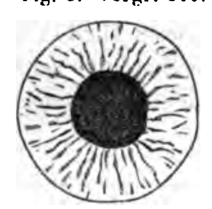
e. Gefärbte Scheiben.

Bei dem bereits im Theile IV auf S. 388 erwähnten 217. Versuche sowie bei zwei anderen Versuchen, welche ebenfalls im Theile VIII beschrieben werden sollen, traten gefärbte Scheiben auf.

Form.

Da das Auftreten von Scheiben bei diesen Versuchen keineswegs erwartet wurde, und keinerlei Gründe vorlagen, die Anfangsstadien der bei diesen Versuchen auftretenden Ausscheidungen zu untersuchen, so wurden die Scheiben erst in dem durch Fig. 8 dargestellten Stadium angetroffen. Fig. 8 stellt eine derartige Scheibe in der Flächenansicht dar. Die Umgrenzung des zwei Fünftel vom Flächendurchmesser einnehmenden Kernes schwankte wie bei den farblosen Scheiben zwischen einer Kreislinie und einem gleichseitigen Sechseck, die äussere Umgrenzung des Randes war durchgehends einer Kreislinie genähert. Obgleich diese Gebilde bis 0,08 mm Durchmesser besassen, hatten dieselben keine »blumenblattähnlichen Gebilde« (vergl. oben S. 487) entwickelt, und entsprach daher ihre Profilansicht der Fig. 2c. Der Rand war mit einem Geäder von mehr oder minder radiär gestellten unregelmässigen Stäbchen bedeckt, welche in Fig. 8 durch dunkle Linien angegeben wurden.

Fig. 8. Vergr. 500.



Färbung.

Die an allen Scheiben dem Wesen nach gleichmässig, der Intensität nach etwas verschieden auftretende Färbung wurde durch dieselbe Sub-

1) Vergl. oben S. 479.

stanz bedingt, welche die bei dem 217. Versuche und einigen anderen Versuchen auftretenden Krystalle und garbenförmigen Aggregate theilweise gefärbt hat. Daher gilt für den Farbenton und für die Reactionen des Farbstoffes hier wörtlich dasselbe, was bereits in den betreffenden Abschnitten des Theiles IV[1]) gesagt worden ist. Diese dilut färbende Substanz war jedoch nicht von der Gesammtmasse der einzelnen Scheiben gleichmässig aufgenommen worden. Bei stärkerer Vergrösserung zeigte sich, dass nur der Kern und die mehr oder minder radiär gestellten Stäbchen des Randes Farbstoff aufgenommen hatten, während die übrige Randfläche farblos geblieben war. Es bildeten somit die Stäbchen ein von einem gefärbten Kerne nach der Peripherie verlaufendes Geäder auf farblosem Grunde, wie Fig. 8 darzustellen versucht. Beim Einbringen der Scheiben in Thoulet'sche Lösung ging die gleiche Farbenumänderung wie bei den garbenförmigen Aggregaten vor sich, und entstand den Farbentönen nach derselbe Pleochroismus, welcher jedoch in der Art des Auftretens etwas verschieden war. Während die einzelnen Fasern der garbenförmigen Aggregate in jeder nicht zum Objecttische senkrechten Lage den a. a. O. beschriebenen starken Pleochroismus zeigten, und daher ein Gleiches von den radiären Stäbchen der Scheiben zu erwarten war, liessen diese Stäbchen in der Flächenansicht der Scheiben keinen Pleochroismus erkennen, sondern nur bei schiefer und senkrechter Stellung der Scheiben. In letzteren Lagen war der Pleochroismus, wie eigentlich im voraus anzunehmen, mit demjenigen der garbenförmigen Aggregate in der Weise identisch, dass der dem Objecttische parallele Maximaldurchmesser der Scheiben, welcher ja die Längsrichtung der radiär gestellten Stäbchen enthält, die Eigenschaften der krystallographischen Hauptaxe besass. Das Verhalten der radiär gestellten Stäbchen des Randes bei der Flächenlage der Scheiben ist zunächst kaum verständlich; am ehesten lässt sich noch an Superpositionserscheinungen denken.

Verhalten zwischen gekreuzten Nicol'schen Prismen.

Zwischen gekreuzten Nicol'schen Prismen ergeben die gefärbten Scheiben bei schwachen Vergrösserungen denselben Anblick, wie die farblosen (vgl. oben S. 492). Bei 300facher und noch stärkerer Vergrösserung lassen jedoch die Scheiben im Flächenanblick (Fig. 8) erkennen, dass nicht nur der gefärbte Kern, sondern auch die farblosen Flächen des Randes dunkel bleiben, und dass die sphärolithartigen Polarisationserscheinungen in diesem Falle nur durch die Einwirkung der gefärbten Stäbchen auf das polarisirte Licht bedingt werden. Die einzelnen Stäbchen löschen zum Theil gerade, zum Theil unter verschiedenen Winkeln schief aus.

---

1) a. a. O. S. 392 f. und 395 f.

Auflösung.

Da ich die gefärbten Scheiben bei Versuchen auffand, deren Ausscheidungen bereits etwas über sechs Monate alt waren, innerhalb welcher Zeit die mir bis dahin bei anderen Versuchen vorgekommenen farblosen Scheiben sich längst wieder aufgelöst hatten, und da ferner die gefärbten Scheiben während einer zweiwöchentlichen Untersuchung eine Aenderung ihrer Form nicht merken liessen, so nahm ich an, dass sich die gefärbten Scheiben dauernd in ihrer Mutterlauge halten könnten. Die Ausscheidung an der Oberfläche der Lösung vom 217. Versuche wurde, als $6\frac{1}{2}$ Monate seit Beginn des Versuches vergangen waren, wie Theil IV, S. 398 berichtet worden ist, von der Mutterlauge getrennt und zur Sonderung nach dem specifischen Gewichte verwendet. Als ich im 17. Monate ihres Alters die beiden anderen Ausscheidungen, welche auch gefärbte Scheiben enthielten, aber in der Mutterlauge verblieben waren, wieder durchsah, fand ich zu meinem grossen Erstaunen bei dem einen Versuche die Scheiben ebenfalls bis auf die letzte Spur verschwunden und bei dem anderen Versuche nur noch Stadien, wie solche die Figg. 6 und 7 angeben. Gegenwärtig, 28 Monate nach Ansetzen der betreffenden Versuche, sind auch in dem zweiten Versuche die Scheiben vollständig verschwunden. Es zeigen somit sicher auch die gefärbten Scheiben die Erscheinung, dass sie sich in ihrer Mutterlauge wieder auflösen, und ist daher die Annahme berechtigt, dass ihnen, wie den farblosen Scheiben, auch eine Formwandlung eigenthümlich ist.

Specifisches Gewicht.

Ueber das specifische Gewicht der gefärbten Scheiben ist bereits gelegentlich des specifischen Gewichtes der garbenförmigen Aggregate im Theil IV, S. 398 berichtet worden. Wie aus den daselbst mitgetheilten Einzelheiten der Sonderung, verglichen mit den entsprechenden Angaben der Sonderung der farblosen Scheiben hervorgeht, schwankt das specifische Gewicht der gefärbten Scheiben zwischen Grenzen, welche sowohl nach der Schwere, als nach der Leichtigkeit hin die Grenzen des specifischen Gewichtes der darauf untersuchten farblosen Scheiben etwas überschreiten. Trotzdem besteht das Hauptergebniss dieser Sonderung darin, dass auch die gefärbten Scheiben ein specifisches Gewicht besitzen, welches gleich demjenigen der farblosen Scheiben dem specifischen Gewichte des Kalkspathes sehr nahe kommt. Der geringe Mehrbetrag, den im Allgemeinen das specifische Gewicht der gefärbten Scheiben vor jenem der ungefärbten Scheiben aufweist, erklärt sich, wie a. a. O. für die garbenförmigen Aggregate näher entwickelt worden ist, aus der Einwirkung der Thoulet'schen Lösung auf den in den gefärbten Scheiben enthaltenen Farbstoff.

f. Die Abhängigkeit des Auftretens der Scheiben von dem Gehalte der Lösung an Calciumbicarbonat.

Versuche 56—63.

Wie bereits S. 484 und S. 490 erwähnt worden ist, kommt es zuweilen vor, dass nach Abheben der ersten Ausscheidung, welche sich an der Oberfläche einer verdunstenden Calciumbicarbonatlösung gebildet hatte, eine zweite Ausscheidung entsteht, die reicher an Scheiben ist, als die erste. Es ist sehr nahe liegend, hieraus mit Rose (S. 480) zu schliessen, dass sich die Scheiben unter sonst gleichen Verhältnissen vorzugsweise in weniger concentrirten Lösungen bilden. Dies zahlenmässig festzustellen, war der ursprüngliche Zweck der Versuche 56—63.

Versuche 56—63. Unter Anwendung der bei Versuch 55 erwähnten Lösung wurden durch Zusatz von kohlensäurefreiem destillirtem Wasser acht Lösungen von folgenden Gehalten von Calciummonocarbonat im Liter hergestellt: 1,00 g (Versuch 56), 0,80 g (57), 0,60 g (58), 0,50 g (59), 0,40 g (60), 0,30 g (61), 0,20 g (62) und 0,10 g (63). Diese Lösungen wurden nach je einhundertmaligem Umschwenken in einem 2-Liter-Kolben bei 5°—8° C. zur Krystallisation gestellt. Bei sämmtlichen acht Versuchen schieden sich Grundrhomboëder aus, welche in Bezug auf Grösse und Habitus vollkommen mit dem übereinstimmten, was bei der Untersuchung der Krystallisation des Calciumcarbonates aus sogenannten verdünnten Lösungen Theil II, S. 221 anlässlich der Versuche 31—50 mitgetheilt worden ist. Scheiben traten jedoch nur bei den Versuchen 56—59 auf, also bei einem Gehalte von 0,50 g im Liter und mehr. Bei einem Gehalte von 1,00 g und 0,80 g hatte, verglichen mit Versuch 55 (Gehalt 1,31 g), die Anzahl der Scheiben noch keine merkliche Einbusse erlitten, ihre Maximalgrösse war jedoch auf 0,04 bezw. 0,03 mm gegen 0,07 mm bei Versuch 55 herunter gegangen. Bei den Versuchen mit 0,60 g und 0,50 g Gehalt waren nicht mehr in jeder ein Gesichtsfeld unter dem Mikroskope bei 300facher Vergrösserung füllenden Fläche der Ausscheidungen Scheiben aufzufinden, sondern es waren dieselben nur ab und zu und dann meist spärlich, nur an wenigen Stellen reichlich ausgeschieden. Zugleich war die Maximalgrösse der Scheiben auf 0,025 mm herunter gegangen. Die Erscheinung des Verschwindens der Scheiben zeigten die Versuche 56—59 in völlig gleicher Weise wie Versuch 55. Bei den Versuchen 60—63, also denjenigen mit einem Gehalte von 0,40 g und weniger, traten Scheiben überhaupt nicht auf.

Der Annahme, unter welchen sie begonnen worden waren, völlig entgegen, beweisen die Versuche 56—63, dass die Verdünnung der Lösung von Calciumbicarbonat die Bildung von Scheiben keineswegs befördert, sondern dass Lösungen, welche im concentrirten Zustande Scheiben liefern,

durch genügende Verdünnung diese Eigenschaft verlieren. Mit diesem Ergebnisse stimmt auch die von mir Theil II, S. 219 beschriebene Ausscheidung aus Tropfen von Calciumbicarbonatlösung überein. Doch dürfte, wie unten S. 501 gezeigt werden wird, dieser Zusammenhang zwischen der Bildung der Scheiben und dem Gehalte der Lösung an Calciumbicarbonat nur mittelbar zu Stande kommen.

Als ich nunmehr alle Einzelheiten jener Versuche, bei denen an Scheiben reichere zweite Ausscheidungen aufgetreten waren, nochmals durchging, stellte sich Folgendes heraus. Alle Lösungen, welche kräftig ausgeschüttelt in die Krystallisirschalen gegossen worden waren, lieferten gleich in den ersten Ausscheidungen die höchste Anzahl der Scheiben. Die zweiten Ausscheidungen dieser Lösungen waren merklich ärmer an Scheiben oder auch frei davon. Theile derselben Lösungen, welche zu den eben erwähnten Versuchen gedient hatten, jedoch ungeschüttelt, mit Kohlensäure vollgesättigt zur Krystallisation gestellt worden waren, lieferten in den ersten Ausscheidungen nur einen Bruchtheil (beispielsweise ein Fünftel) der Anzahl der Scheiben in den geschüttelten Lösungen. Wird jedoch die erste Ausscheidung einer derartigen Lösung nach ein paar Tagen abgenommen, so tritt die Bildung einer an Scheiben reichen zweiten Ausscheidung ein [1]). Diese Erscheinungen führen zu der Annahme, dass, wenn auch die übrigen Umstände auf das Entstehen von Scheiben hinwirken, dieser Vorgang doch nur unterhalb einer gewissen Grenzmenge von Kohlensäure an dem betreffenden Orte der Lösung vor sich gehen kann. — Lösungen, welche durchgeschüttelt in der ersten Ausscheidung keine Scheiben ergeben, thun dies auch in der zweiten Ausscheidung selbst dann nicht, wenn diese Lösungen undurchgeschüttelt zur ersten Krystallisation gestellt worden sind.

g. Versuch, das Entstehen und die Auflösung der Scheiben zu erklären.

Bei einem Versuche, das Entstehen und die Auflösung von einer besonderen Art Krystalliten zu erklären, ist es nicht nöthig, von einer bestimmten Vorstellung von dem Wesen der Krystalliten auszugehen. Denn gleichviel, ob die Krystalliten z. B. gewissermassen als Krystallembryonen oder als irgendwie anders geartete Gebilde betrachtet werden, ihr wechselvolles Auftreten (im Sinne vom Abschnitt c.) kann nur durch die Annahme verständlich erscheinen, dass dessen Verschiedenheiten durch wechselnde

1) Darüber, dass Neubildungen von Individuen, also auch von Scheiben, in den etwa einen Tag alten und älteren ungestörten Ausscheidungen nicht mehr auftreten, vgl. oben S. 489.

äussere Ursachen bedingt werden. Es sind daher bei dem beabsichtigten Versuche die physikalischen und die chemischen Verhältnisse bei der Bildung der Krystalliten in Betracht zu ziehen.

Die physikalischen Verhältnisse, unter denen sich das Calciumcarbonat zum Theil in der Form von Krystallen, zum Theil von Scheiben ausscheidet, sind durchaus identisch mit denjenigen, bei welchen unter Anwendung anderer chemischer Präparate das Calciumcarbonat ausschliesslich die Form von Krystallen annimmt. Hieraus ist zu folgern, dass das Auftreten der Scheiben nicht durch physikalische Verhältnisse bedingt wird. Es bleibt daher nur die Annahme von chemischen Verschiedenheiten der betreffenden Lösungen übrig, also die Annahme, dass das Entstehen der Scheiben durch einen Lösungsgenossen oder eine Gruppe von Lösungsgenossen verursacht wird.

Wie bereits oben S. 483 erwähnt, hat sich jedoch das Auftreten der Scheiben von der nachweisbaren Zusammensetzung der mittelst der gegenwärtig üblichen Analysen für chemisch rein befundenen Reagentien vollkommen unabhängig erwiesen. Auch der geringe Gehalt an Magnesiumbicarbonat, welchen die bei den Versuchen 55—64 verwandten Lösungen besassen (vergl. oben S. 485), ist keineswegs die Ursache des Entstehens der Scheiben, indem alle anderen Lösungen, aus denen Scheiben entstanden sind, magnesiumfrei befunden wurden, und der Einfluss des Magnesiumcarbonates auf die Krystallisation des Calciumcarbonates sich in völlig anderer Weise äussert [1]). Somit ist für den Augenblick noch nicht zu hoffen, den durch das Entstehen der Scheiben angezeigten Lösungsgenossen auf analytischem Wege unmittelbar aufzufinden.

In den Theilen III und IV der vorliegenden Abhandlung ist der Einfluss von färbenden Substanzen besprochen worden, welche sich in minimalen Mengen dem Calciumcarbonat molekular einlagern und hierbei eine beträchtliche Wirkung auf die Wachsthumsgeschwindigkeit (Theil III) oder auf die Gestaltung (Theil IV) des Calciumcarbonates äussern. Streng genommen handelt es sich hierbei gar nicht mehr um reines Calciumcarbonat bezw. um reine Kalkspathsubstanz, sondern um molekulare Gemische von vorherrschenden Kalkspathmolekeln mit einer minimalen, zur Zeit noch nicht quantitativ bestimmten Menge von Farbstoffmolekeln. Die in den Theilen III und IV niedergelegten Erfahrungen, sowie die in dem vorliegenden Theile beschriebenen Eigenschaften der Scheiben legen in ihrer Gesammtheit die Annahme nahe, dass auch die Scheiben aus einem derartigen Molekulargemische bestehen. Daher beschäftigte ich mich sehr eingehend mit der Frage, ob die als »farblos« beschriebenen Scheiben neben

1) Meine Versuche über den Einfluss des Magnesiumcarbonates auf die Krystallisation des Calciumcarbonates werde ich in einem besonderen Theile dieser Abhandlung beschreiben.

Kalkspath vielleicht doch eine durch ihre Färbung nachweisbare Substanz enthalten. Jedoch die Untersuchung der als farblos bezeichneten Scheiben in Wasser, α-Bromnaphthalin und Thoulet'scher Lösung, sowie die Behandlung der Scheiben in Thoulet'scher Lösung mit Ammoniak[1]) liess unter Berücksichtigung der Verschiedenheit der Totalreflexion des ordentlichen und des ausserordentlichen Strahles, sowie unter ständigem Vergleiche mit gleich grossen Spaltungsstückchen von Isländer Doppelspath keinen Anhalt für die Annahme auffinden, dass ein Farbstoff zugegen sei. Nun aber giebt es keinen Grund, anzunehmen, dass sich nur Farbstoffe anderen Substanzen molekular einlagern können, im Gegentheil, es sind Molekulargemische farbloser Substanzen sehr wohl bekannt. Daher nehme ich an, dass die Bildung der Scheiben durch die Gegenwart minimaler Mengen einer farblosen, in Wasser löslichen Substanz bedingt wird, welche gleich den in den Theilen III und IV beschriebenen Farbstoffen die Eigenschaft besitzt, sich in Calciumcarbonat, welches in der Ausscheidung begriffen ist, molekular einzulagern und in demselben anzureichern.

Ist diese Annahme richtig, so kann eine aus einem Calciumcarbonatpräparat bereitete Lösung in reinem kohlensäurehaltigen Wasser nur dann Scheiben ausscheiden, wenn das betreffende Präparat neben dem Calciumcarbonat auch jene durch die Scheiben angezeigte Substanz enthält. Da nun diese Substanz nach der obigen Annahme mit dem Calciumcarbonat ein Molekulargemisch bildet, und dieses letztere die Form der Scheiben annimmt, so muss geschlossen werden, dass ein Calciumcarbonatpräparat nur dann durch Auflösung in reinem kohlensäurehaltigen Wasser und Verdunstung der erhaltenen Lösung Scheiben liefern kann, wenn es selbst zum Theil aus Scheiben besteht. Diese Folgerung schliesst jene ein, dass in der Ausscheidung höchstens ebenso viele, jedoch nie mehr Scheiben auftreten können, als im Ausgangspräparate vorhanden waren. Da ferner durch die Anreicherung der angenommenen Substanz in den neu entstehenden Scheiben diese Substanz wohl zum grossen Theile, aber kaum vollständig der Lösung wieder entzogen werden kann, so ist weiter zu folgern, dass sich in der neuen Ausscheidung weniger Scheiben bilden, als sich im Präparate vorgefunden hatten. Diese Folgerungen finden sich in den Thatsachen vollkommen bestätigt. Dasjenige Präparat, welches mir zur Zeit scheibenfreie Ausscheidungen liefert, ist auch selbst frei von Scheiben, während das scheibenliefernde Präparat der Versuche 55—63, wie oben S. 485 erwähnt, der Anzahl der Individuen nach ganz überwiegend aus Scheiben besteht. Die Ausscheidungen aus den Lösungen der Versuche 55—63 sind ferner sämmtlich weniger reich an Scheiben, als ihr Ausgangsmaterial, ja die Ausscheidungen der Versuche 60—63 sind sogar scheibenfrei.

---

1) Vergl. Theil III, diese Zeitschr. **24**, 371, 376, und Theil IV, ebenda, 395.

Die letztere Thatsache, dass eine im concentrirten Zustande Scheiben liefernde Lösung durch Verdünnung mit reinem Wasser die Fähigkeit, Scheiben entstehen zu lassen, verliert, wird geradezu erst durch die oben gemachte Annahme verständlich. Wie im Theil II, Abschnitt b [1]) ausführlich dargelegt worden ist, sind ja die sogenannten concentrirten und die sogen. verdünnten Calciumcarbonatlösungen in Bezug auf das auskrystallisirende Calciummonocarbonat gleichmässig gesättigt, und liegen keinerlei Ursachen vor, der Gegenwart von mehr oder minder Calciumbicarbonat einen weitgehenden Einfluss zuzuschreiben. Die Qualität der Ausscheidung einer reinen Calciumbicarbonatlösung wird somit durch Zusatz von Wasser nicht verändert. Anders jedoch eine Lösung, welche neben Calciumcarbonat noch einen Lösungsgenossen enthält, der einerseits durch seine Zumischung zum Calciumcarbonat die Scheibenbildung bedingt, andererseits in einer gewissen Concentration zugegen sein muss, um sich aus der Lösung austretend in das Calciumcarbonat einlagern zu können. Der Einfluss dieses Lösungsgenossen wird ersichtlich bei fortschreitender Verdünnung der Lösung schwächer und hört schliesslich ganz auf. Der wegen seiner Farbe exact beobachtbare Lösungsgenosse, welcher Theil III, Abschnitt b [2]) beschrieben worden ist, liefert ein Beispiel, welches die Möglichkeit der hier angenommenen Eigenschaften eines Lösungsgenossen beweist.

Ausser durch die eben erwähnten Thatsachen wird die Annahme, dass die Scheiben Molekulargemische seien, noch dadurch wesentlich unterstützt, dass bereits zahlreiche Krystalliten dargestellt worden sind, welche aus quantitativ bestimmbaren Antheilen von Calciumcarbonat und farblosen organischen Substanzen bestehen. Hierher gehören vor allem jene höchst interessanten Körper, welche Harting [3]) dargestellt und beschrieben hat. Diese von Harting selbst als Krystalliten angesehenen Gebilde entstehen dadurch, dass in gallertähnlichen organischen Substanzen, denen zum Theil Wasser zugesetzt worden ist, durch Diffusion die Wechselzersetzung von hierbei Calciumcarbonat liefernden Salzen herbeigeführt wird. Als organische Substanzen hat Harting Hühnereiweiss, Gelatine, Schweineblut, Rindsgalle u. a. m. angewendet. Die Mengen der organischen Substanzen, welche sich dem Calciumcarbonat bei Harting's Versuchen beigemischt hatten, betrugen in den vier durch Analyse näher bestimmten Fällen 7,15 %, 10,8 %, 6,3 % und 13,2 %. Trotzdem liessen diese Ge-

---

1) Diese Zeitschr. 1894, **22**, 212.

2) Diese Zeitschr. 1895, **24**, 374.

3) P. Harting, Recherches de Morphologie synthétique sur la Production artificielle de quelques Formations calcaires organiques. Verhandlingen d. kon. Akad. v. Wettenschappen. Amsterdam 1873, **18**, 1. — Als ich »Theil IV« schrieb, diese Zeitschr. **24**, 378, war mir diese in den verbreiteten Repertorien nicht aufgeführte Abhandlung noch unbekannt.

bilde ihren Bestand aus zweierlei Substanzen keineswegs durch sichtbare Inhomogenität erkennen, und lagen somit Molekulargemische vor. Der Form nach kommen einige dieser Gebilde den »Scheiben« sehr nahe und fast alle gehören mit denselben dem gleichen Formentypus an: sie haben in der Flächenansicht eine rundliche Umgrenzung und bestehen aus einem in der Mitte gelegenen rundlichen Kerne, der von einem Rande umgeben ist, welcher die Polarisationserscheinungen eines Sphärolithen zeigt. Dass sich bei dem Behandeln der Harting'schen Krystalliten mit verdünnten Säuren nur das Calciumcarbonat sogleich löst, während die organischen Substanzen als mehr oder minder zusammenhängende Massen von der Form der Krystalliten zum Theil dauernd, zum Theil nur für kurze Zeit erhalten bleiben, dürfte wohl nicht die Annahme eines Molekulargemisches ausschliessen, sondern ebenso zu erklären sein, wie die von Ambronn und Le Blanc[1]) beobachtete Bildung jenes Gerüstes von Baryumnitrat, welches beim Behandeln eines Mischkrystalles von Baryum- und Bleinitrat mit einer gesättigten Lösung von Baryumnitrat ungelöst zurückbleibt. Dass das hierbei an Stelle des Mischkrystalles tretende Gerüst von Baryumnitrat nicht, wie Ambronn und Le Blanc meinten, in dem Mischkrystalle bereits vor dem Lösungsprocesse vorhanden war, sondern sich erst in Folge der besonderen Löslichkeitsverhältnisse während der Auflösung des Mischkrystalles aus molekular eingelagertem Baryumnitrat bildet, haben bereits Küster[2]) und Brauns[3]) gezeigt. Bei der Auflösung der Harting'schen Krystalliten tritt an Stelle der Sättigung der Lösung bei den Versuchen von Ambronn und Le Blanc der Uebergang der betreffenden organischen Substanzen aus dem Zustande der Löslichkeit in denjenigen der Coagulation. Ausserdem spricht noch für die Bildung der Scheiben in Folge der Gegenwart einer Beimischung die bereits oben S. 481 citirte Angabe Vogelsang's: »Die Menge und Grösse der letzteren (der scheiben- und kugelförmigen Gebilde) nimmt zu, wenn man der Lösung etwas Gelatine hinzufügt.« Wie wenig organische Substanz bereits genügt, um bei solchen sich als starre Körper ausscheidenden Substanzen, denen sie sich molekular einlagern können, die Bildung von Krystalliten hervorzurufen, ist noch unerforscht, doch erscheint in Rücksicht auf die in den Theilen III und IV beschriebenen Farbstoffe der Analogieschluss berechtigt, dass bereits minimale Mengen genügen, um merkliche Wirkungen hervorzurufen.

1) H. Ambronn und M. Le Blanc, Einige Beiträge zur Kenntniss der isomorphen Mischkrystalle. Ber. d. math.-phys. Classe d. königl. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. 1894, 173.

2) F. W. Küster, Ueber das Wesen isomorpher Mischungen. Zeitschr. f. physik. Chem. 1895, 16, 525.

3) R. Brauns in seinem Referat über die oben erwähnte Abhandlung von Ambronn und Le Blanc im Neuen Jahrbuch für Min. etc. 1896, 1. Ref. 206.

Dass die Gegenwart des von den Scheiben angezeigten Lösungsgenossen nicht alle individualisirten Massen derselben Ausscheidung gleichmässig beeinflusst, sondern dass die Scheiben neben unbeeinflussten Krystallen auftreten, entspricht vollkommen der Art der Einwirkung der Lösungsgenossen überhaupt [1]).

Dass sich die Scheiben nur unmittelbar unter der Oberfläche der Lösungen und nicht auch an den Wänden der Krystallisationsgefässe bilden [2]), wird durch das Zusammenwirken der beiden Ursachen erklärt, dass erstens sich die Scheiben nur unterhalb einer gewissen Grenzmenge von Kohlensäure in der Lösung zu bilden vermögen [3]), und dass zweitens eine bereits vorhandene Ausscheidung unter gleichbleibenden Verhältnissen die Neubildung von Individuen verhindert [4]). Da die Abnahme des Kohlensäuregehaltes der Lösung durch Diffusion der Kohlensäure in die Luft hervorgerufen wird, so sinkt der Kohlensäuregehalt der Lösung zuerst unmittelbar an ihrer Oberfläche und vermag hier jenen eben erwähnten Grenzwerth zu überschreiten, ehe sich bei höheren Kohlensäuregehalten eine reine Krystallausscheidung gebildet hat. Deshalb gelangen bei sonst günstigen Verhältnissen unmittelbar unter der Oberfläche Scheiben zur Entwickelung. Den eigenthümlichen Gleichgewichtszuständen zwischen Calciummonocarbonat, Calciumbicarbonat, freier Kohlensäure und Wasser entsprechend, ist der Zerfall von Calciumbicarbonat zu Monocarbonat und freier Kohlensäure nicht nur eine Function der vorhandenen Menge Kohlensäure, sondern auch des Gehaltes der Lösung an Calciumbicarbonat selbst [5]). Deshalb ist es möglich, dass an Orten der Lösung, welche nicht an der Oberfläche liegen, die Ausscheidungen bereits bei einem höheren Gehalte an Kohlensäure beginnen, als der Grenzwerth für die Scheibenbildung beträgt. Die an den Wänden der Krystallisationsgefässe auf diese Weise vor Ueberschreitung jenes Grenzwerthes entstandenen und somit scheibenfreien Ausscheidungen verhindern nun an den von ihnen eingenommenen Orten aus der zweiten der oben angegebenen Ursachen mit der Neubildung von Individuen überhaupt auch jene von Scheiben. — Da die im Theile III [6]) beschriebenen dilut gefärbten Kalkspathkrystalle genau das gleiche Auftreten wie die Scheiben besitzen, so ist anzunehmen, dass die Aufnahme jener dilut färbenden Substanz durch die Kalkspathkrystalle unter denselben Bedingungen zu Stande kommt wie die Bildung der Scheiben. Daher möge der eben gegebene Erklärungsversuch auch auf die im Theile III beschriebene dilute Färbung ausgedehnt werden.

---

1) Vergl. Theil I, S. 477, Theil III, S. 375 und Theil IV, S. 400.
2) Siehe oben S. 483. 3) Siehe oben S. 498. 4) Siehe oben S. 489.
5) Vergl. Theil II, Abschnitt b, diese Zeitschr. 1893, **22**, 212.
6) Diese Zeitschr. 1895, **24**, 366.

Die Erscheinung, dass die Scheiben sich allmählich wieder auflösen, während die gleichzeitig entstandenen Kalkspathkrystalle weiter wachsen, lässt erkennen, dass die Kalkspathsubstanz in der Molekularanordnung eines Krystalles schwerer löslich ist, als in der Molekularanordnung eines Krystalliten. Da nun, wie Wulff[1]) gezeigt hat, sich physikalisch inhomogene Krystalle leichter wieder auflösen wie physikalisch homogene, so liegt nahe, anzunehmen, dass in analoger Weise chemisch inhomogene Ausscheidungen leichter gelöst werden als chemisch homogene. Unter dieser Voraussetzung stimmt die Thatsache der Wiederauflösung der Scheiben mit der Annahme überein, dass dieselben Molekulargemische darstellen.

Das Auftreten von gefärbten Scheiben (s. oben S. 494) lässt erkennen, dass das in den Scheiben vorliegende Molekulargemisch eine Molekularanordnung von solcher Stabilität besitzt, dass die Hauptzüge dieser Anordnung durch den Hinzutritt einer gewissen Menge anderweiter Molekel nicht gestört werden.

h. Ergebnisse.

1. Die sich häufig beim Verdunsten von Calciumbicarbonatlösungen neben Kalkspath ausscheidenden scheibenförmigen Krystalliten zeigen, so lange sie sich in der Lösung befinden, zunächst ein mit Formänderungen verbundenes Wachsthum, welches sich allmählich verlangsamt und dann zum Stillstande kommt. Hierauf lösen sich die scheibenförmigen Krystalliten allmählich wieder auf, während die Kalkspathkrystalle noch weiter wachsen.

2. Die vorliegenden Erfahrungen führen zu der Annahme, dass die scheibenförmigen Krystalliten aus einem Molekulargemische bestehen, welches von beträchtlichst vorwaltender Kalkspathsubstanz und einer an Menge vollkommen zurücktretenden, zur Zeit analytisch noch nicht nachweisbaren farblosen Substanz gebildet wird.

Tharandt, mineralogisches Institut der königlichen Forstakademie, August 1896.

Druckfehler.

Theil III, 24, S. 367 Zeile 2 v. u. statt »welchen dilut« lies »welchen einige dilut«.
Theil III, 24, S. 369 Zeile 14 v. u. statt »Lösungen« lies »Lösungsmittel«.
Theil III, 24, S. 377 Zeile 12 v. u. statt »auflagern« lies »einlagern«.
Theil IV, 24, S. 383 Zeile 12 u. 11 v. u. statt »0,01«, »0,02« und »0,05« lies »0,1«, »0,2« und »0,5«.
Theil IV, 24, S. 388 Zeile 6 v. u. statt »Krystalle« lies »Aggregate«.
Theil IV, 24, S. 388 letzte Zeile statt »0,8 mm« lies »0,08 mm«.

1) L. Wulff, Abhängigkeit der Wachsthumsgeschwindigkeit und Anätzbarkeit der Krystalle von der Homogenität derselben. Diese Zeitschr. 1894, 22, 473.

XXII. Das Wesen der Krystalliten.

Von

Heinrich Vater in Tharandt.

Bei dem Uebergange gelöster oder geschmolzener Substanzen in einen starren Aggregatzustand [1]) treten diese Substanzen nicht nur als amorphe Massen oder als Krystalle auf, sondern mitunter auch als mehr oder minder regelmässig gestaltete Körper, welche einerseits wegen ihrer Fähigkeit zu wachsen sicher nicht amorph sind, andererseits jedoch ebensowenig den Gesetzen der Krystallographie gehorchen. Diese letzteren, meist mikroskopisch kleinen Körper wurden von Ehrenberg [2]), der ihnen wohl zuerst grössere Aufmerksamkeit zuwendete, zu jenen Gebilden gestellt, welche er mit »Morpholithe oder Krystalloide« bezeichnete. Vogelsang [3]), der die umfassendste Monographie über jene kleinen Körper geschrieben hat, rechnete sie zu den von ihm »Krystalliten« [4]) genannten Formen. Da Ehrenberg sich mit seinen »Morpholithen oder Krystalloiden« u. a. auch deshalb beschäftigte, um die Bildung der sogen. Augen- und Brillensteine zu erklären, so pflegen die Ausdrücke »Morpholithe oder Krystalloide« häufig als Synonyme für derartige Concretionen aufgeführt zu werden. Die Bezeichnung »Morpholithe«, welcher Ehrenberg selbst den Vorzug gab, hat keine weitere Anwendung gefunden. Das Wort »Krystalloid« hingegen hat leider noch einige andere Bedeutungen, als die von Ehrenberg eingeführte, erhalten. Graham [5]) hat dieses Wort zur Bezeichnung jener Substanzen angewendet, welche in Gallerten in der gleichen Weise wie in reinem Wasser diffundiren, während Nägeli [6]) dasselbe als Namen für gewisse in

1) Die verschiedenen starren, physikalisch isomeren Modificationen derselben chemischen Verbindung fasse ich als verschiedene starre Aggregatzustände der letzteren auf.

2) Ehrenberg, Ueber morpholithische Bildungen etc., Journ. f. prakt. Chemie 1840, **21**, 95. Die oben erwähnten Begriffe wurden S. 103 aufgestellt.

3) Hermann Vogelsang, Sur les Cristallites, Études cristallogénétiques. Arch. Néerland. 1870, **5**, 156 und: Die Krystalliten, herausgegeben von Ferdinand Zirkel. Bonn 1875.

4) Nach F. Loewinson-Lessing, Petrographisches Wörterbuch, Jurjew 1894, Artikel: »Krystallite« rührt jedoch diese Bezeichnung von James Hall her. Keine der von mir nachgesehenen anderweitigen Literatur erwähnt dies, und stehen mir die Abhandlungen von James Hall nicht zur Verfügung.

5) Th. Graham, Anwendung der Diffusion der Flüssigkeiten zur Analyse, Ann. d. Chem. u. Pharm. 1862, **121**, 1.

6) Sitzungsberichte d. k. bayer. Akad. d. Wissenschaften, 1862, **2**, 283.

Wasser quellbare, im Uebrigen jedoch krystallähnliche Einschlüsse von Pflanzenzellen vorschlug. Vogelsang hat unter »Krystalloiden« nur eine besondere Formenreihe seiner »Krystallite« verstanden[1]), und wird ausserdem noch »Krystalloid« als Synonym für »Pseudomorphose«[2]) gebraucht. Gegenwärtig wird das Wort »Krystalloid« ganz vorwiegend in der von Graham eingeführten Bedeutung angewendet. Nächstdem wird jenes Wort jedoch auch häufig im Sinne Nägeli's gebraucht, wobei dann die künstlich dargestellten entsprechenden Gebilde ebenfalls als »Krystalloide« bezeichnet werden. »Krystallit« ist hingegen eindeutig geblieben und zur Zeit fast allgemein im Gebrauch.

Eine Definition des Begriffes »Krystallit« hat bisher nur Vogelsang gegeben. Dieselbe[3]) lautet:

»Krystalliten kann man alle diejenigen leblosen Gebilde nennen, denen eine regelmässige Gliederung oder Gruppirung eigenthümlich ist, ohne dass sie im Ganzen oder in ihren einzelnen Theilen die allgemeinen Eigenschaften krystallisirter Körper, insbesondere eine regelmässige polyëdrische Umgrenzung zeigen.«

Die letzterschienene zusammenfassende Darstellung der Krystalliten bilden wohl die jene Körper behandelnden Kapitel des hervorragenden Werkes von O. Lehmann über Molekularphysik. In Bezug auf die bisherigen Ansichten über das Wesen der Krystalliten sei auf genanntes Werk verwiesen. Auf zahlreiche eigene Untersuchungen gestützt, ist Lehmann zu folgender Kritik gelangt[4]):

»Nach den ausgeführten Betrachtungen, die wir über die Bildung von Sphärokrystallen[5]), sowie über die Bedingungen des »Aufzehrens« angestellt haben, bedarf wohl die Ansicht, dass die »Krystalloide«[6]) einen von dem krystallinischen verschiedenen Zustand darstellen, welcher, wie die Nachfolger Ehrenberg's annahmen, eine Art Uebergang zwischen dem amorphen und dem krystallinischen Zustande bilde oder in Analogie mit der Entwickelung von Organismen embryonale Krystallgebilde darstelle, keine weitere Widerlegung.«

Der zweiten Hälfte dieser Kritik, welche aussagt, dass die Krystalliten weder einen Uebergangszustand zwischen amorph und krystallinisch, noch embryonale Krystallgebilde darstellen, schliesse ich mich aus den von Lehmann angegebenen Gründen und aus eigener Erfahrung vollkommen an.

---

1) Vogelsang, Die Krystalliten, S. 43.

2) So z. B. von J. Roth, Allgemeine und chemische Geologie, Berlin 1887, 2, 553. Vgl. auch F. Zirkel, Elemente der Mineralogie, 12. Aufl., Leipzig 1885, S. 129, Anm. 1).

3) Vogelsang, Sur les Cristallites, p. 160 und Die Krystalliten, S. 5.

4) O. Lehmann, Molekularphysik. Leipzig 1888, 1, 636.

5) Sphärokrystall = Sphärokrystallit, wie weiter unten erwähnt wird.

6) Krystalloide im Sinne Ehrenberg's = Krystalliten nach Vogelsang.

Diese Aenderung in der Anschauung lässt jedoch eine etwas andere Umgrenzung des Begriffes »Krystallit« nothwendig erscheinen, als wie sie Vogelsang festgelegt hat. Die Definition des letzteren umfasst nach der Anwendung, welche ihr Urheber von ihr machte, zweierlei Gebilde. Die eine Art derselben besitzt eine Gestalt, welche nicht durch Wachsthum der starren Substanz selbst bedingt wird. Hierher gehören z. B. kugelförmige Klümpchen, die durch Erstarrung von ausgeschiedenen Tröpfchen entstehen. Diese Körper sind theils amorphe, theils krystallinische Pseudomorphosen nach den Tröpfchen u. dergl. Die andere Art besitzt jedoch eine Gestalt, welche genau wie diejenige der Krystalle ein Ergebniss des Wachsthumes des starren Körpers selbst ist, so dass dieselben ebenso wie die eigentlichen Krystalle der Definition des Begriffes »Krystall« von O. Lehmann[1]) entsprechen. Da Vogelsang annahm, dass die von ihm »Krystalliten« genannten Gebilde gewissermassen Krystallembryonen seien, so verfuhr er durchaus richtig, als er sowohl die erstarrten Tröpfchen u. dergl., als auch die im starren Zustande wachsenden krummflächigen Gebilde unter einem von dem Worte »Krystall« abgeleiteten Namen zusammenfasste. Wenn jedoch die Ansicht, dass amorphe Körperchen durch allmähliche Umbildung in einheitliche Krystalle überzugehen vermögen und ein nie fehlendes Vorstadium der letzteren darstellen, aufgegeben wird, so ist es angezeigt, entweder für »Krystallit« im alten Umfange ein anderes Wort zu wählen oder »Krystallit« enger zu umgrenzen. Den Zwecken der Petrographie ist das erste dienlicher, und hat daher v. Gümbel die Bezeichnung »Mikromorphit«[2]) als Ersatz für Vogelsang's »Krystallit« vorgeschlagen. Für krystallographische Untersuchungen erscheint es jedoch angebracht, wie dies bereits, ohne es ausdrücklich zu erwähnen, O. Lehmann und J. W. Retgers a. a. O. gethan haben, die Bezeichnung »Krystallit« beizubehalten und auf die mit der Fähigkeit zu wachsen versehenen krummflächigen Gebilde zu beschränken[3]). Nur von den »Krystalliten« in dieser eingeengten Bedeutung ist im Folgenden die Rede.

In dieser letzteren Bedeutung ist auch »Krystallit« aufzufassen, wenn O. Lehmann in der ersten Hälfte der oben mitgetheilten Kritik der bisherigen Ansichten über das Wesen der Krystalliten sagt, dass die Krystalliten keinen von dem krystallinischen verschiedenen Zustand darstellen. Allein wenn auch die Krystalliten mit den Krystallen die fundamentale Eigenschaft

1) O. Lehmann, Molekularphysik, Leipzig 1888, 1, 293. — Die Eigenschaft der Krystalle, unter geeigneten Umständen zu wachsen, ist bisher von Haüy, Mallard, Tschermak und O. Lehmann zur Definition der Krystalle mit verwendet worden. Vergl. die Einzelangaben von J. W. Retgers, Zur Definition des Begriffes »Krystall«, Neues Jahrb. f. Min. etc. 1895, 2, 167.

2) W. v. Gümbel, Geologie von Bayern, Kassel 1888, 1, 11.

3) Auf die Definition der Krystallite gedenke ich in einer anderen Abhandlung zurückzukommen.

der Wachsthumsfähigkeit theilen, und beide Formenreihen durch die allmählichsten Uebergänge mit einander verbunden sind, so halte ich doch, im Gegensatz zu O. Lehmann, den Zustand der krummflächig umgrenzten Krystalliten mit jenem der ebenflächig-umgrenzten Krystalle nicht für vollkommen identisch. Vielmehr möchte ich versuchen, über das Wesen der Krystalliten zu einer Ansicht zu gelangen, welche sowohl die nahen Beziehungen als auch die Unterschiede zwischen beiden Formenreihen erklärt.

Die zahlreichen Uebergangszustände zwischen vollkommen krystallinischer und typisch krystallitischer[1]) Entwickelung prägen sich stets in der Gesammtheit der Form der betreffenden Individuen aus. Die krummen Flächen mancher sonst normal ausgebildeter Krystalle sind keine normalen Bildungen und kommen als Uebergangsformen zwischen krystallinischer und krystallitischer Gestaltung nicht in Betracht. Dies gilt auch für jene von Goldschmidt aus der Schaar derartiger krummer Flächen als »Uebergangsflächen« herausgehobenen Gebilde. Goldschmidt sagt über dieselben u. a. Folgendes aus[2]): »Zwischen den ebenen Flächen eines wohlausgebildeten, in seinem inneren Bau nicht gestörten, auch durch äussere Störungen, als Verwachsung mit anderen Krystallen, Einfluss von sonstigen festen Nachbarn u. s. w., nicht influenzirten Krystalles finden sich häufig krumme Flächen.« »Solche Flächen wollen wir Uebergangsflächen nennen. Sie sind ebenso gut wie die ebenen typischen Flächen ausschliesslich das Product der Formentwickelung, wie sie sich durch Differenzirung der flächenbauenden Primärkräfte ergiebt.« Diese Sätze sind an sich richtig. So liegen z. B. auch in den »abgerundeten Kanten« eines Theiles der bei meinen Versuchen 52—54[3]) erhaltenen Kalkspathkrystalle »krumme Flächen« vor, welche den Annahmen Goldschmidt's genau entsprechen. Trotzdem sind die »Uebergangsflächen« keine normalen Bildungen, sondern werden, wie die eben erwähnten Versuche beweisen, durch eine Stoffzufuhr zu den wachsenden Krystallen bedingt, welche so spärlich ist, dass sie zu einem normalen Aufbau der Krystalle nicht zulangt. Mit steigender Stoffzufuhr werden die »Producte der Formentwickelung« vollkommen ebenflächig und die aus Stoffmangel entstandenen krummen Flächen verschwinden.

Die Veranlassung zu diesem Versuche, das Wesen der Krystalliten zu erklären, haben mir jene Untersuchungen gegeben, welche ich in den

1) »Krystallitisch« möge hier »die Molekularanordnung der Krystalliten besitzend« bedeuten. A. de Lapparent, Traité de Géologie, troisième édition, Paris 1893, S. 629 und 630, versteht unter »structure cristallitique« den Aufbau der durch die Bildung von Krystalliten entglasten Silicatgesteine. Diese beiden Anwendungen des Wortes »krystallitisch« entsprechen genau den beiden Anwendungen von »krystallinisch«.

2) V. Goldschmidt, Ueber krumme Flächen (Uebergangsflächen). Diese Zeitschr. 1896, 26, 1.

3) Theil IV, diese Zeitschr. 1895, 24, 385 und Tafel VII, Figg. 3 u. 4.

Theilen III, IV und V meiner Abhandlung über den Einfluss der Lösungsgenossen auf die Krystallisation des Calciumcarbonates mitgetheilt habe. Der Theil III [1]) handelt von dilut gefärbten Kalkspathkrystallen, welche, abgesehen von Einschlüssen, eine merklich normale Entwickelung aufweisen. Im Theile IV [2]) werden »garbenförmige und dergl. Aggregate« von Kalkspath beschrieben, welche unter dem Einflusse einer dilut färbenden Substanz an Stelle von normalen Kalkspathkrystallen entstanden sind. Die Bezeichnung »garbenförmige und dergl. Aggregate« war im Anschlusse an Gustav Rose gewählt worden. Trotzdem diese »Aggregate« in mancher Hinsicht den Krystallen sehr nahe stehen, gehören sie doch wegen ihrer augenfälligen Abweichungen von »einer regelmässigen polyëdrischen Umgrenzung« zu den Krystalliten, und zwar zu den »Sphärokrystallen« im Sinne O. Lehmann's [3]). Da ich jedoch, wie oben bemerkt, in den Krystallen und den Krystalliten zwei Formenreihen sehe, welche trotz ihrer Uebergänge von einander geschieden werden müssen, so möchte ich an Stelle von »Sphärokrystall« die Bezeichnung »Sphärokrystallit« vorschlagen. Diese letztere Bezeichnung würde auch den von Cohen [4]) hervorgehobenen Widerspruch mit den Thatsachen nicht besitzen, dass streng genommen die Sphärokrystalle genannten Gebilde (wenn man sie überhaupt als Krystalle deutet) als Aggregate und nicht als Einzelkrystalle betrachtet werden müssen. Die Entstehung lässt jedoch, wie Lehmann mit Recht hervorhebt, diese Gebilde als Individuen erscheinen. Als »Sphärokrystalliten« sind nun jene Gebilde ihrer Entstehung gemäss als Individuen zu betrachten, welche »eine regelmässige Gliederung« besitzen. Der Theil V [5]) schliesslich handelt von scheibenförmigen Krystalliten, welche in keinerlei Weise an die Formen und die Art des Wachsthums der Krystalle erinnern und typische Krystalliten darstellen.

Jede Substanz, welche in der Form von Krystalliten aufzutreten vermag, kann auch in Ausscheidungen erhalten werden, deren Individuen von ihren ersten beobachtbaren Anfängen an während der gesammten Dauer ihrer Entwickelung und ihres Daseins dem Begriffe »Krystall« entsprechen. Die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Fall eintritt, wächst ausnahmslos mit der Reinheit der Substanz und des etwa angewandten Lösungsmittels. Es drängt sich daher der Schluss auf, dass die Bildung von Krystalliten an die Gegenwart von Substanzen geknüpft ist, welche ausser der auskrystallisirenden Substanz und dem Lösungsmittel bezw. ausser der auskrystalli-

1) Diese Zeitschr. 1895, **24**, 366.
2) Diese Zeitschr. 1895, **24**, 378.
3) Vergl. O. Lehmann, Molekularphysik. Leipzig 1888, **1**, 379.
4) Vergl. O. Lehmann, a. a. O. Anmerkung.
5) Diese Zeitschr. **27**, 477.

sirenden Substanz und dem Schmelzflusse derselben zugegen sind. Als dergleichen die Bildung der Krystalliten bedingende Substanzen kommen in Betracht: Verunreinigungen der Präparate, willkürlich zugesetzte Substanzen, etwa solche, welche die Lösung oder den Schmelzfluss verdicken sollen, eine vor der auskrystallisirenden Substanz entstandene geringe Menge einer abweichenden Modification derselben chemischen Verbindung oder eines chemisch äusserst nahe stehenden Körpers und dergleichen mehr. Die von den Krystallen so wesentlich abweichende Beschaffenheit der Krystalliten führt unter Berücksichtigung des oben Erwähnten zu der ferneren Annahme, dass die als Krystalliten einer gewissen Substanz bezeichneten Gebilde überhaupt nicht mit den Krystallen derselben Substanz stofflich vollkommen identisch sind, sondern dass die eben erwähnten, die Bildung der Krystalliten bedingenden Substanzen mit in jene Ausscheidungen eintreten, welche sich als Krystalliten entwickeln. Da nun die Krystalliten physikalisch homogen sind, so handelt es sich bei denselben um molekulare Beimischungen. Diese Folgerungen führen zu den Ergebnissen:

Jede chemisch homogene starre Substanz ist entweder amorph[1]) oder (allermeist) krystallinisch, jedoch niemals krystallitisch[2]) und

Die Krystalliten sind niemals chemisch homogen, sondern stets Molekulargemische verschiedener Substanzen.

Wir sind gegenwärtig gewohnt, den krystallinischen Zustand unter dem Bilde eines geordneten Molekelhaufens zu beschreiben. Um dies Bild ausführen zu können, müssen wir Kräfte in den Molekeln annehmen, welche die Molekularanordnung bedingen. Diese Kräfte müssen wir für die Molekel der einzelnen Substanzen verschieden ansetzen, denn nur auf diese Weise vermögen wir die Verschiedenheit der geometrischen und physikalischen Eigenschaften der Krystalle der verschiedenen Substanzen zu erklären. In einem Molekulargemische sind nun diese Kräfte ebenfalls wirksam. Wegen der Verschiedenheit der Kräfte der einzelnen Arten der sich mischenden Molekel treten diese Kräfte wenigstens theilweise in einen gewissen Widerstreit. Somit kann die Molekularanordnung eines Gemisches niemals mit der Anordnung einer der in der Mischung vorhandenen Substanzen absolut vollkommen übereinstimmen. Es entsteht daher in dem Gemische eine von den Anordnungen der sich mischenden Substanzen verschiedene Anord-

---

1) Da mit der Zunahme unserer Kenntniss von der chemischen Zusammensetzung der amorphen Substanzen die Anzahl der letzteren, die als chemisch homogen betrachtet werden, ständig abnimmt, so ist es recht wohl denkbar, dass in Wirklichkeit keine der amorphen Substanzen chemisch homogen ist, sondern dass dieselben ausnahmslos Molekulargemische darstellen, zum Theil auch solche von verschiedenen Modificationen derselben chemischen Verbindung oder desselben Elementes.

2) Vergl. oben S. 508 und Anm. 1).

nung der Molekel. Dass diese resultirende Anordnung eine krystallinische sei, ist jedoch nicht zu vermuthen. Unsere Vorstellungen von der Krystallstructur bedingen unter anderem die Annahme, dass auf jeder Geraden, welche durch einen Krystall einer sogenannten Atomverbindung gelegt wird und drei oder mehr Molekeln desselben enthält, diese Molekeln gleichweit von einander entfernt sind. Für die Gleichheit der Abstände fehlt jedoch der Grund, wenn wir an Stelle der gleichartigen Molekeln einer chemisch homogenen Substanz die verschiedenartigen eines Gemisches substituiren. Im letzteren Falle sind vielmehr wegen der Verschiedenheit der Molekularkräfte die Abstände der Molekeln, welche in derselben Geraden liegen, verschieden. Dann ist jedoch die Molekularanordnung nicht mehr krystallinisch. Mit der Verschiedenheit der Molekularabstände treten an Stelle der Molekularebenen der Krystalle krumme Molekularflächen, welche sich je nach den näheren Umständen kaum merklich oder deutlicher von vollkommenen Ebenen unterscheiden oder auch jene Krümmungen aufweisen, welche den betreffenden Körper als typischen Krystalliten erscheinen lassen. Für den Einfluss einer Beimischung auf eine sich als starren Körper ausscheidende sogen. Molekularverbindung gilt eine vollkommen analoge Betrachtung.

Die Erfahrung zeigt nun, dass eine im grössten Uebergewicht vorhandene Substanz dem gesammten Gemische annäherungsweise ihre Molekularanordnung zu verleihen vermag, wie dies z. B. bei einem Theile der dilut gefärbten Substanzen der Fall ist. Hierher gehören unter anderem die mit Campecheholzextract gefärbten Strontiumnitratkrystalle und die von mir im Theil III beschriebenen gefärbten Kalkspathkrystalle. Bei letzterem Beispiele ist auch näher ausgeführt worden, wie durch die Färbung eine Aenderung in dem Wachsthume der Krystalle bedingt wird, was nur durch eine Aenderung im Molekularaufbau erklärt werden kann. Stehen sich die Molekularanordnungen der sich mischenden Substanzen sehr nahe, so ist auch die Molekularanordnung dieses Gemisches diesen beiden sehr ähnlich. Es entstehen auf diese Weise die isomorphen Gemische mit ihrer annäherungsweise rein krystallinischen Structur. Doch die selbst an den vorzüglichsten isomorphen Mischungen ausnahmslos auftretenden, im regulären Systeme besonders leicht nachweisbaren »optischen Anomalien« beweisen, dass die Structur der isomorphen Gemische thatsächlich mehr oder minder von der vollkommen krystallinischen Structur abweicht. Sind jedoch die Krystallisationskräfte der sich mischenden Substanzen wesentlich verschieden, und herrscht keine dieser Substanzen über ein gewisses Maass hinaus über die anderen vor, so entfernt sich Molekularanordnung und Gestalt der sich individualisirenden Mengen solcher Gemische soweit von der Gesetzmässigkeit der Krystalle, dass diese Individuen mit »Krystalliten« bezeichnet werden. Als Beispiele derartiger und ohne Weiteres erkennbarer Molekular-

gemische mögen gelten jene zahlreichen von Harting[1]) dargestellten Gebilde, welche aus Calciumcarbonat und 6,3—13,2 % Eiweissstoffen bestehen, sowie die von mir im Theil IV beschriebenen »garbenförmigen Aggregate«. — Ausserdem sind bekanntermassen einige Molekulargemische amorph, worauf ich jedoch erst in einer späteren Veröffentlichung einzugehen gedenke.

Die letzteren Bemerkungen führen zu folgendem Satze:

Die starren Molekulargemische sind je nach ihrem Bestande und den Umständen ihrer Bildung amorph oder annäherungsweise krystallinisch oder krystallitisch.

Wird jedoch dasjenige zusammengefasst, was im Vorstehenden über die Krystalliten im neu umgrenzten Sinne (vergl. oben S. 507) gesagt worden ist, so ergiebt sich folgende Ansicht über das Wesen derselben:

Die Krystalliten sind starre Molekulargemische von zwei oder mehr Substanzen und erlangen durch die Krystallisationskräfte der letzteren mehr oder minder regelmässige Molekularanordnungen und somit bei freier Entwickelung auch ebensolche Formen. Die Molekularanordnungen und Formen der Krystalliten weichen jedoch wegen der Ungleichheit der Krystallisationskräfte der verschiedenen sich mischenden Substanzen von den entsprechenden Eigenschaften der aus gleichartigen Molekeln bez. Molekulargruppen aufgebauten Krystalle ab. Insbesondere treten an die Stelle der Molekularebenen der Krystalle bei den Krystalliten gekrümmte Flächen.

Schon mancher Forscher, vor allen Harting, wurde von den Krystalliten an organische Formen erinnert, und mit Recht. Wenn auch die Krystalliten leblos sind, wie die Krystalle, so theilen sie doch, im Gegensatze zu der ebenflächigen Umgrenzung der letzteren, mit den Organismen die krummflächigen Formen. Trotzdem wurden früher die Krystalliten in Folge der irrigen Annahme, dass sie Krystallembryonen seien, ihrem Formenwerthe nach zwischen die amorphen Körper und die Krystalle gestellt, statt, wie ihnen gebührt, zwischen die Krystalle und die Organismen. Dieser letzteren Stellung entspricht jedoch die soeben aufgestellte Ansicht über ihr Wesen: Die Krystalliten haben mit den starren Theilen der Organismen gemeinsam, dass sie Molekulargemische sind, und dies ist die Ursache, warum beide Körperreihen gekrümmte Flächen aufweisen, wenn auch ihre Mischungsbestandtheile wohl ohne Ausnahme krystallisationsfähige Substanzen sind.

Tharandt, mineral. Institut der kgl. Forstakademie, Sept. 1896.

1) P. Harting, Recherches de Morphologie synthétique sur la Production artificielle de quelques Formations calcaires organiques. Verhandlingen der kon. Akademie van Wettenschappen. Amsterdam 1873, 18, 1. — Eine kurze Andeutung des Inhaltes dieser Abhandlung habe ich auf S. 501 f. von Theil V, diese Zeitschr. 27, 477 gegeben.

XXIII. Auszüge.

1. O. Mügge (in Münster): **Ueber „reciproke" einfache Schiebungen an den triklinen Doppelsalzen $K_2Cd(SO_4)_2.2H_2O$, $K_2Mn(SO_4)_2.2H_2O$ und Verwandten** (N. Jahrb. f. Min. etc. 1894, **1**, 106—109).

Wyrouboff hat an dem Doppelsalz $K_2Cd(SO_4)_2.H_2O$ zwei verschiedene Deformationen α) und β) beobachtet.

Die Deformation α) führt zu einer Zwillingsbildung nach (010). Als Gleitfläche (»rationale erste Kreisschnittebene«) tritt hier dieselbe Fläche $k_1 = \{010\}$ auf. Ferner ist für einfache Schiebungen eine »zweite Kreisschnittebene« k_2 charakteristisch (vergl. diese Zeitschr. **19**, 501); diese erfährt die grösste Lagenänderung, aber keine Verzerrung, ihre Durchschnittslinie mit der ersten Kreisschnittebene steht senkrecht zu der in der Gleitfläche liegenden »Schiebungsrichtung« σ_1. Durch σ_1 gehend, senkrecht zur Schnittlinie beider Kreisschnittebenen steht die »Ebene der Schiebung«. Letztere bildet mit k_2 eine Schnittlinie σ_2, welche dadurch ausgezeichnet ist, dass sie unter allen Richtungen durch die Deformation die stärkste Lagenänderung erfährt. Die durch σ_2 bestimmte Zone, »Grundzone«, erleidet keine Verzerrung. Im vorliegenden Falle ist $\sigma_2 = [010]$, d. h. die Grundzone ist die Zone der Makroaxe. k_2 hat die Indices $\{5,0436\ldots, 0, 1\}$; sie ist gegen $\{10\bar{1}\}$ unter 94° 31′ geneigt; längs derselben lässt sich das Messer am bequemsten einschieben.

Die Deformation β) liefert Zwillinge nach [010], d. h. nach der b-Axe. Hier ist $\sigma_1 = [010]$, $k_2 = \{010\}$, längs k_2 muss also das Messer eingeschoben werden. k_1 ist $\{5,0436\ldots, 0, 1\}$.

Bei dem Doppelsalz $K_2Mn(SO_4)_2.2H_2O$ lassen sich ganz analoge Schiebungen vornehmen. Die irrationale Fläche k_2 bei α), k_1 bei β) hat hier die Indices $\{0,7873\ldots, 0, 1\}$.

Bemerkenswerth ist, dass hier, wie auch schon früher bei anderen Körpern beobachtet wurde, je zwei Umlagerungen vorkommen, derart, dass die Kreisschnittebenen k_1 und k_2 und ebenso die Schiebungsrichtung σ_1 und die Grundzone σ_2 ihre Rollen vertauschen. Verf. schlägt vor, solche einfache Schiebungen »reciproke« zu nennen.

Ref.: J. Beckenkamp.

2. B. Hecht (in Königsberg): **Ueber den Beweis von der Rationalität einer dreizähligen Symmetrieaxe**[1] (Ebenda 1895, **2**, 248—252).

In einer früheren Mittheilung (Nachr. d. k. Ges. d. Wiss. Göttingen **1892**. Referat diese Zeitschr. **24**, 405) gab Verf. einen Beweis für den Satz: »dass

1) Vergl. auch diese Zeitschr. **27**, 399.

Krystallflächencomplexe mit rationalen Indices und mit einer dreizähligen Symmetrieaxe S giebt, von der Beschaffenheit, dass unter den Flächen des Complexes die zu jener Symmetrieaxe senkrechte Ebene nicht auftritt.« Nachdem Fedorow und Vic. de Souza-Brandão (vgl. diese Zeitschr. **28**, 248) bezüglich dieser Frage zu einer anderen Auffassung gelangten, giebt Verf. statt seines früheren Beweises noch einen zweiten, elementaren, bezüglich dessen auf das Original verwiesen werden mag, und erläutert den Streitpunkt durch folgendes specielle Beispiel:

Auf einer von drei geraden Linien, die sich in einem Punkte schneiden, und die mit einander gleiche Winkel bilden, nehme man, vom Schnittpunkte ausgehend, Punkte an, die immer um r von einander entfernt sind; auf der zweiten betrage die Entfernung $r\sqrt[3]{2}$, auf der dritten $r\sqrt[3]{4}$. Von diesen Punkten ausgehend habe man ein Raumgitter construirt; dann sind alle und nur solche Flächen als Krystallflächen möglich, welche drei Punkte in sich enthalten. Die Flächen dieses Raumgitters bilden nach Ansicht des Verfs. einen Complex, der eine dreizählige Symmetrieaxe besitzt. Handelt es sich aber um einen Krystall, und nicht um einen Flächencomplex, so muss die betreffende Axe auch in physikalischer Hinsicht eine Symmetrieaxe sein; dies ist sie in obigem Beispiele nicht. Bei einem Krystalle mit einer dreizähligen Symmetrieaxe müssten jene drei Linien gleichwerthig sein. Stellt man nun die Forderung, dass je drei geometrisch sich entsprechende Flächen eines Complexes mit einer dreizähligen Axe auch physikalisch gleichwerthig seien, dann ist auch die Basis als krystallographisch mögliche Fläche in dem Complexe enthalten. So wie man bei einer Combination von positiven und negativen Formen eines regulär-tetraëdrisch-hemiëdrischen Körpers nicht sagen sollte, die Hauptaxe sei eine vierzählige Symmetrieaxe, ebensowenig sollte man krystallographisch einem Flächencomplex wie dem erwähnten eine dreizählige Symmetrieaxe zuschreiben, wenn auch rein geometrisch eine solche vorhanden ist.

Ref.: J. Beckenkamp.

8. W. Feussner (in Marburg): **Ueber das Abbe'sche Krystallrefractometer** (Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1894, **14**, 87).

Der Verf. theilt eine Untersuchung der Fehlerquellen dieses von Czapski (s. diese Zeitschr. **21**, 143) beschriebenen Instrumentes und geeignete Methoden mit, um dieselben zu bestimmen. Es handelt sich dabei um die folgenden Fehler des Instrumentes: 1) die Axe des Beobachtungsfernrohrs geht nicht genau durch den Kugelmittelpunkt der Halbkugel; 2) die horizontale Drehungsaxe des Fernrohrs geht ebenfalls nicht genau durch den Kugelmittelpunkt; 3) die Drehungsaxe und die optische Axe des Fernrohrs stehen nicht genau senkrecht auf einander. Diese Abweichungen von den theoretisch geforderten Bedingungen wurden an einem von der Zeiss'schen Werkstätte gelieferten Instrumente nach den angegebenen Methoden bestimmt und gefunden, dass die in Folge derselben erforderlichen Correctionen der gemessenen Brechungsindices kaum eine Einheit der vierten Decimale überstiegen.

Schliesslich werden noch die Formeln entwickelt, auf Grund deren man höhere Brechungsindices, als derjenige der Halbkugel ist, mittelst eines zwischengefügten, spitzwinkeligen Prismas von entsprechend stärker brechendem Glase bestimmen kann (bis 1,93).

Ref.: P. Groth.

4. W. G. Hankel und H. Lindenberg (in Leipzig): **Elektrische Untersuchungen** (Abh. d. math.-phys. Cl. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig, 1892 und 1894, **18**, 361 und **21**, 11).

Es wurden bei diesen Untersuchungen im Wesentlichen dieselben Methoden angewendet, welche W. G. Hankel bei seinen früheren Untersuchungen der Pyroëlektricität (von ihm »Thermoëlektricität« genannt), Aktino- und Piëzoëlektricität von Krystallen benutzte (vergl. diese Zeitschr. **6**, 603 f.; **9**, 412 f.).

Natriumchlorat. Die Tetraëderflächen der bekannten Combination {100}, {110}, {210}, {1$\bar{1}$1} werden beim Erkalten negativ, die entgegengesetzten Würfelecken positiv; dieselbe Polarität der trigonalen Axen wird durch Wärmestrahlung bewirkt, während durch Druck in der Richtung dieser Axen die umgekehrte, durch Nachlassen des Druckes die gleiche Polarität hervorgebracht wurde. Die bei niedriger Temperatur der Lösung zu erhaltenden trüben und gekrümmten Tetraëder (richtiger Deltoiddodekaëder. s. des Ref. Physik. Kryst. 3. Aufl. 503) werden beim Erkalten auf den Flächen positiv, an den Ecken negativ elektrisch. [Dies beweist, dass an diesen Krystallen das entgegengesetzte Tetraëder {111}, im Vergleiche mit demjenigen der gewöhnlichen, oben erwähnten Combination, zur Ausbildung gelangt ist. Der Ref.]

Kaliumdithionat (unterschwefels. Kalium). Die Verff. bestätigten die Beobachtung Bichat's betr. das Auftreten einer trigonalen Bipyramide und eines trigonalen Trapezoëders an mehreren Krystallen. Sämmtliche untersuchte Krystalle waren Zwillinge zweier gleich drehender Individuen nach dem beim Quarz häufigsten Gesetze, doch war bei einigen nur ein kleiner Theil in Zwillingsstellung. An solchen, der Hauptsache nach einfachen Krystallen konnte festgestellt werden, dass die drei alternirenden Kanten des hexagonalen Prismas, an denen kleine Flächen trigonaler Bipyramiden und Trapezoëder auftraten, beim Abkühlen negativ, durch Druck positiv elektrisch werden (umgekehrt wie beim Quarz). Während somit die drei Nebenaxen elektrische Axen sind, zeigt die Hauptaxe keine Polarität (beide Basisflächen werden beim Abkühlen im Allgemeinen positiv elektrisch). Die Zwillingsbildung bewirkte genau dieselben Erscheinungen, wie beim Quarz, indem entweder verschiedene Theile einer Prismenkante entgegengesetzte, oder benachbarte Kanten gleiche Elektricität zeigten.

Kaliumnatriumdextrotartrat (Seignettesalz). Sowohl bei der Abkühlung, als durch Druck werden diejenigen vier Combinationskanten von {110}: {001}, welche durch {1$\bar{1}$1} abgestumpft würden, positiv elektrisch, die vier anderen negativ. Die vier elektrischen Axen entsprechen also ungefähr den Normalen zu {111}, {1$\bar{1}$1} (vergl. diese Zeitschr. **6**, 292).

Resorcin. Beobachtete Combination: {110}, {101}, {10$\bar{1}$}, {11$\bar{1}$}; letztere Form fehlte zuweilen; ausserdem Flächen von {120} und einmal {051} [oder {05$\bar{1}$}? D. Ref.] Die Krystalle werden durch Temperaturänderung stärker erregt, als die des Turmalins; beim Abkühlen werden die Flächen von {101} und der anliegenden Theile der Prismenflächen negativ, das untere Ende des Krystalles positiv. Durch Druck entsteht dieselbe Polarität, wie beim Erkalten, durch Nachlassen des Druckes dieselbe wie beim Erwärmen.

Milchzucker. Das in der Stellung, welche Traube (s. diese Zeitschr. **23**, 284) ihnen gegeben hat, rechte Ende der Krystalle wird beim Erkalten (wie auch Traube fand) positiv; die gleiche Polarität bringt ein Druck nach der Axe *b* hervor.

Kaliumdichromat. Von diesem Salze konnten keine ringsum ausgebil-

deten Krystalle erhalten werden. Die Untersuchung einer grösseren Anzahl unvollständig ausgebildeter ergab, dass beim Abkühlen die beiden Flächen von $c\{001\}$ (Stellung nach Rammelsberg) und $a\{100\}$ gleiche, die von $b\{010\}$ aber entgegengesetzte Elektricität annehmen, und zwar wird bei den meisten Krystallen (010) positiv, $(0\bar{1}0)$ negativ, nur bei wenigen umgekehrt.

Natriumbromat. Combinationen der beiden Tetraëder, meist von verschiedener Grösse, aber durch die Flächenbeschaffenheit nicht zu unterscheiden. Beim Erkalten werden die Flächen des einen Tetraëders positiv, die des anderen negativ; meist ist ersteres das herrschende. Durch Druck entsteht dieselbe Polarität (abweichend vom Natriumchlorat, s. vor. S.).

Natriumperjodat. Die untersuchten Krystalle zeigten den Habitus der neuerdings von Eakle beschriebenen, diese Zeitschr. **26**, 570, Fig. 5, nur dass am oberen Pole noch d und s (vergl. Fig. 3 l. c.) und am unteren statt g noch $\delta(\bar{1}\bar{1}0)$ mit schmalen, zu d parallelen Flächen hinzutraten. Beim Abkühlen wurde die kleine obere Fläche $c(111)$ negativ, die grosse untere $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ positiv; in den Mitten der drei grossen Flächen e lagen positive Pole, während die drei kleinen Gegenflächen ε negativ waren. Die gleiche Polarität brachte ein Druck in der Richtung der Hauptaxe, resp. normal zu den Flächen c und ε, hervor. Es sind also vier elektrische Axen vorhanden, die Hauptaxe und drei gegen diese gleich geneigte.

Asparagin. Comb. $\{110\}$, $\{001\}$ vorherrschend, ferner $\{1\bar{1}1\}$, $\{011\}$, $\{021\}$, $\{010\}$. Beim Erkalten wurden diejenigen vier Kanten $\{110\}:\{001\}$, an denen Flächen von $\{1\bar{1}1\}$ lagen oder bei vollständiger Ausbildung liegen würden, positiv, die vier anderen negativ elektrisch. Druck in der Richtung zwischen zwei derartigen gegenüberliegenden Kanten bewirkte die gleiche Polarität.

Chlorbaryum. Bei der Abkühlung (nach dem Erhitzen bis 54^0) zeigen die Mitten der grossen Flächen von $\{010\}$ starke positive Elektricität, ebenso die Klinodomenflächen, während die Prismenflächen negativ werden [wahrscheinlich waren die untersuchten Krystalle, welche die Verff. noch für rhombisch hielten, Zwillinge; ohne Kenntniss der Art ihrer Verwachsung sind daher die obigen Angaben werthlos. Der Ref.].

Brombaryum. Die Verff., denen die Arbeit Mügge's (s. diese Zeitschr. **19**, 497) unbekannt war, hielten die von ihnen untersuchten Krystalle für rhombisch und betrachteten dieselben, wie Rammelsberg (Kryst.-phys. Chemie **1**, 296 f.), theils als »monoklin-hemiëdrisch«, theils als hemimorph. Die ersteren, wahrscheinlich einfache Combinationen eines Prisma mit einer positiven und einer negativen Hemipyramide, zeigten beim Erkalten an je zwei benachbarten Combinationskanten des Prismas mit einer Hemipyramide entgegengesetzte Spannung, also vier alternirende positive und ebenso viel negative Pole. An den »hemimorphen« Krystallen, wahrscheinlich Zwillingen nach (100), trat hierzu noch eine Polarität nach der Verticalaxe. Druck bewirkte die gleichen Erscheinungen, nur an gewissen Krystallen der letzterwähnten Art ergab sich die nach der Verticalaxe entstandene Polarität umgekehrt.

Baryumdithionat (+ 2 aq). Die Krystalle waren nach $\{001\}$ tafelförmig und zeigten eine deutliche Spaltbarkeit nach $\{100\}$. Beim Erkalten zeigten die grossen Flächen in der Mitte positive Elektricität, welche nach beiden Seiten gleichmässig abnahm, während die Endflächen an beiden Polen der Axe b negativ waren [hiernach könnten die Krystalle hemimorph nach letzterer Axe und Zwillinge nach (010) sein. D. Ref.].

Strontiumdithionat (+ 4 aq). Die untersuchten Krystalle zeigten ausser der Basis und der hexagonalen Pyramide noch Flächen der Pyramide mit $\frac{1}{2}c$, sowie des hexagonalen Prismas und eines trigonalen Trapezoëders. Einfache Krystalle zeigten beim Abkühlen drei elektrische Axen parallel den Nebenaxen, und zwar wurden die mit Trapezoëdern versehenen Ecken negativ. Fast alle Krystalle sind aber nur scheinbar einfach, in Wirklichkeit Zwillinge nach dem beim Quarz gewöhnlichsten Gesetze; sind nur kleine Zwillingspartien vorhanden, so verrathen sich diese durch Abweichungen in der elektrischen Vertheilung; manche Krystalle sind so verzwillingt, dass alle sechs Pole der Nebenaxen positiv wurden, während dazwischen negative Partien auftraten. Druck erzeugte die gleiche Polarität, wie Erkaltung.

Ref.: P. Groth.

5. **G. Tschermak** (in Wien): **Ueber gewundene Bergkrystalle** (Denkschr. d. math.-nat. Cl. d. k. Akad. Wien 1894, 61, 365).

Bekanntlich sind bereits verschiedene Versuche zur Erklärung der gewundenen Bergkrystalle (am häufigsten ist die Erscheinung an Rauchquarzen) gemacht worden, besonders von Weiss und von Reusch (s. diese Zeitschr. 8, 93). Der Verf. untersuchte nun ein sehr reiches Material der Sammlungen in Zürich, Wien, München, Prag etc. und gelangte dabei zu folgenden Resultaten.

Offene Bildungen, d. h. aus deutlich isolirten Krystallen bestehende, zeigen folgende Zusammensetzung: Ein Krystall wächst an der Unterlage auf mit einer Prismenkante, welche Trapezoëderflächen tragen würde (»Wurzelkante«), auf diesem ein zweiter, welcher um die durch jene Prismenkante verlaufende Nebenaxe, die »Stammaxe«, gedreht erscheint, u. s. f. Jeder Krystall ist aber ein »Dikrystall«, indem er untergeordnet Quarz in verwendeter Stellung, nach dem gewöhnlichen »ersten« Gesetze (Drehungsaxe die Hauptaxe) mit ihm verwachsen, enthält. Zu dem untergeordneten Theile des ersten Dikrystalles befindet sich nun der vorherrschende Theil des zweiten in symmetrischer Lage in Bezug auf eine Fläche eines sehr stumpfen positiven Rhomboëders (»zweites Gesetz« der Verwachsung); ebenso verhält sich der dritte Dikrystall zum zweiten, u. s. f. In Folge dieses Gesetzes der Verwachsung ist, wenn die Gruppe aus Rechtsquarz besteht, jeder folgende Dikrystall gegen den vorhergehenden im Uhrzeigersinne gedreht, bei Linksquarz im entgegengesetzten Sinne, wenn man in der Richtung der Stammaxe nach der Wurzelkante hinblickt. Die alsdann dem Beobachter zugekehrte »Gipfelkante«, d. i. die vordere Prismenkante des vorherrschenden Individuums des zuletzt gebildeten Dikrystalles, trägt, Obigem entsprechend, keine Trapezoëderflächen.

Halbgeschlossene Bildungen, bestehend aus vielen nach der Stammaxe in einander geschobenen Krystallen, deren Spitzen deutlich getrennt sind, während die beiden der Stammaxe parallelen Prismenflächen ein zusammenhängendes Flächenpaar von doppelter Krümmung bilden, sind bei weitem die häufigsten. Dieselben bestehen stets nur aus Rechts- oder nur aus Linksquarz; beides in gleicher Häufigkeit. Die im Allgemeinen geringeren Dimensionen sind ungefähr gleichbleibend oder nehmen nach dem Gipfelkrystalle hin ab, selten umgekehrt. Die auf der Unterlage beobachteten Bildungen sitzen regellos auf nicht gewundenen Quarzkrystallen; dies und das Nebeneinandervorkommen mehrerer gewundener Quarze in ganz verschiedenen Stellungen widerlegt die Erklärung von Reusch (s. l. c.). An den halbgeschlossenen Bildungen sind gewöhnlich die beiden zusammenhängenden Prismenflächen stärker gerieft, als die anderen, u.

die beiden ihnen anliegenden, nach der Gipfelkante convergirenden Trapezoëderflächen ungewöhnlich gross ausgebildet. Sehr selten sind Gruppen, welche umgekehrt, d. h. mit der als Gipfelkante bezeichneten Prismenkante aufgewachsen erscheinen. Während die Einzelkrystalle in den halbgeschlossenen Bildungen dieselbe Stellung zu einander haben, wie in den offenen, erscheint in ihnen jeder Einzelkrystall gewissermassen aus Schichten nach der Basis aufgebaut, deren jede gegen die vorhergehende um einen kleinen Winkel gedreht ist. Man könnte als Zwillingsebene dieses »dritten Gesetzes« eine Fläche eines sehr wenig von $\{11\bar{2}0\}$ abweichenden dihexagonalen Prismas annehmen. Wenn an der Grenze zweier nach diesem Gesetze verwachsenen Krystalle die Trapezoëderfläche sich fortsetzt, so muss die ungewöhnlich grosse Ausbildung gerade derjenigen beiden x-Flächen zu Stande kommen, welche man immer an diesen Gebilden beobachtet.

Vollkommen geschlossene Bildungen sind diejenigen, deren Flächen sämmtlich continuirlich sind und doppelte Krümmung besitzen. Dieselben sind selten gross, zeigen glatte Flächen der Rhomboëder, von denen die langgestreckte des positiven stets breiter ist, wenig geriefte, glatte Prismenflächen und die gleiche Vertheilung der Trapezoëderflächen, wie die vorigen. Partieen in zweiter Stellung nach dem ersten Gesetze sind nur untergeordnet vorhanden; meist erscheint das Ganze wie ein einfacher Krystall. Die Reflexbilder der Prismenflächen zeigen eine Verzerrung im Sinne der Krümmung, ausserdem aber eine Zusammensetzung aus vielen, oft sehr scharf unterscheidbaren Linien und Punkten, wonach also die Flächen nicht continuirliche, sondern sehr fein stufenförmig zusammengesetzte sind. Platten, senkrecht zur Hauptaxe geschnitten, zeigen in schwach convergentem, polarisirtem Lichte eine elliptische Form der Ringe, wobei die grosse Axe der Ellipse, wenn die Stammaxe im Gesichtsfelde von oben nach unten verläuft, je nach dem Sinne der Windung von rechts oben nach links unten oder umgekehrt liegt, entsprechend der Verschiebung der Ringe in den von oben nach unten auf einander folgenden Schichten der Platte.

Nach diesen Beobachtungen kommen somit den geschlossenen Bildungen im Allgemeinen die gleichen Gesetzmässigkeiten zu, wie den halbgeschlossenen und den offenen. Zu ihrem Zustandekommen ist erforderlich, dass beim Fortwachsen nach der Hauptaxe gemäss dem »dritten Gesetze« (s. oben) die Drehung in der Weise fortschreitet, dass sie der durch die Verwachsung nach dem »zweiten Gesetze« bewirkten Drehung der Hauptaxen der im Sinne der Stammaxe auf einander folgenden Schichten entspricht. Zur Bestimmung der den beiderlei Drehungen zu Grunde liegenden Zwillingsgesetze bedarf es der Messung der kleinsten Abweichung der in den gekrümmten Flächen enthaltenen Facetten; diese konnte etwas genauer, als an gewundenen Krystallen, an gewöhnlichen Bergkrystallen, an welchen stellenweise die gleiche Zusammensetzung der Flächen vorkommt, ausgeführt werden und ergab für beide Gesetze annähernd den gleichen Werth $3' 20''$, so dass also die Zwillingsebene des zweiten Gesetzes ein um $1' 40''$ von $\{0001\}$ abweichendes positives Rhomboëder, die des dritten Gesetzes ein um $1' 40''$ von $\{11\bar{2}0\}$ abweichendes dihexagonales Prisma wäre. Solche Zwillingsbildungen, welche sogenannten »Vicinalflächen« entsprechen würden, nennt der Verf. Vicinalzwillinge. Nimmt man aber für den Quarz einen pseudohexagonalen Aufbau aus monoklinen Grundformen an, so würde die Zwillingsebene des zweiten Gesetzes (001), die des dritten eine in der Zone [001 : 310], zu (001) normale Fläche, wie beim Glimmer. Die Auffassung des letzteren Gesetzes würde noch einfacher, wenn man die Einzelindividuen des Quarzes als asymme-

trisch betrachtete. Eine Entwickelung der Gleichungen für die an den gewundenen Bergkrystallen auftretenden Flächen doppelter Krümmung führt zu Schlüssen über das Gefälle der Krümmung auf den verschiedenen Flächen und die Art der Krümmung der einzelnen Kanten, welche mit den, allerdings nur sehr annähernd auszuführenden Messungen im Allgemeinen übereinstimmen.

Ausser an den Bergkrystallen aus der Schweiz finden sich analoge Erscheinungen auch anderwärts. Bei Baveno und bei Carrara kommen Krystalle vor, welche nach der Hauptaxe schraubenförmig gewunden sind, entsprechend dem dritten Gesetze. Waltet dieses an einem nach Art der gewundenen Krystalle gebildeten Quarze allein, so entsteht ein nach einem Prismenflächenpaar tafelförmiges und nach der Stammaxe einfach gekrümmtes Gebilde, wie solche in der Schweiz vorkommen. Gekrümmte Krystalle aus dem Rauris zeigen theils Erscheinungen, welche auf einen Wechsel des ersten und zweiten Gesetzes, theils solche, welche auf mechanische Deformationen hindeuten. Aus den Prismenflächen mancher brasilianischer Amethyste ragen zahlreiche, kleine, etwas gedrehte Kryställchen heraus, deren Stellung vielleicht ebenfalls eine gesetzmässige ist. Endlich beobachtet man häufig an Bergkrystallen verschiedener Fundorte auf den Prismenflächen Knickungen, an denen die horizontale Streifung absetzt, und welche nicht Zwillingsgrenzen nach dem gewöhnlichen ersten Gesetze sind, wie sich dadurch nachweisen lässt (mittelst Aetzversuche), dass an ihrer Fortsetzung auf der oben angrenzenden Rhomboëderfläche diese zu beiden Seiten der Grenze gleichartig ist; die Messung dieser Knickungen zeigte, dass dieselben theils im Sinne des zweiten, theils im Sinne des dritten Gesetzes, also einer Drehung innerhalb der Prismenzone entsprechend, stattfinden, theils aber auch, wie bei den gewundenen Krystallen, nach beiden Gesetzen gleichzeitig.

Ref.: P. Groth.

6. **A. Bensaude** (in Lissabon): **Beitrag zu einer Theorie der optischen Anomalien der regulären Krystalle** (Lissabon 1894, 43 SS.).

Der Verf. sieht die Ursache der optischen Anomalien, besonders der Krystalle des Alaun, Analcim und Granat, in einer ungleichen Vertheilung der Dichtigkeit, also in structurellen Unregelmässigkeiten, welche sich durch Spannungen verrathen, wie sie O. Lehmann an verschiedenen Beispielen nachgewiesen hat. Diese Spannungen würden besonders gross, wenn der Krystall in einer von der jetzigen sehr verschiedenen Temperatur entstanden wäre, und könnten dann sogar Differenzen der Winkel, Contractionsrisse und Zwillingslamellen [1]) hervorbringen. Auf Ungleichheiten der Dichtigkeit deuten verschiedene Beobachtungen hin, namentlich scheinen die optisch normalen Skelette, deren Wände von den Kanten nach dem Mittelpunkte des Krystalles gehen, aus dichterer Substanz zu bestehen. Diese entsprechen den Skeletten, welche sich bei unvollkommener Krystallisation bilden, d. h. Krystallen mit vertieften Flächen. Der Verf. nimmt nun an, dass bei den anomalen Krystallen überhaupt da, wo das Wachsthum ein minimales ist, auch eine geringere Dichtigkeit der Substanz vorhanden sei. Nach

1) Der Analcim aus den Drusenräumen des Foyait der Serra di Monchique, mit der seltenen Comb. {110} {211}, zeigt eine Lamellarstructur, welche durch Gleitung entstanden aufgefasst werden kann. Eine Analyse von Lepierre (SiO_2 54,29, Al_2O_3 23,30, Na_2O 13,84, CaO 0,31, H_2O 8,36) zeigte, dass die optische Anomalie nicht durch Wasserverlust entstanden sei, denn der Gehalt an H_2O (von welchem 3,85 % bei 200°—300°, der Rest bei 440° entweicht) ist höher, als der berechnete 8,18 %.

dieser Hypothese müsste in jeder von einer Hexaëderfläche nach der Mitte gehenden Wachsthumspyramide der Abstand der Theilchen in der Richtung der Normalen zu jener Fläche verringert sein, die Substanz also eine tetragonale Molekularanordnung haben und in Folge dessen optisch einaxig sein. Wachsthumspyramiden, welche eine Oktaëderfläche zur Basis haben, müssten sich rhomboëdrisch verhalten, wie es bei oktaëdrischem Granat in der That der Fall ist. In einer, von einer Dodekaëderfläche ausgehenden Pyramide dagegen muss, wenn die Dichtigkeit in der Normale zu ersterer geringer ist, als in einem theoretisch vollkommenen Krystalle, die Massenvertheilung diejenige eines rhombischen Krystalles sein, dessen Hauptschwingungsrichtungen die beiden Diagonalen und die Normale der Dodekaëderfläche sind; hiermit stimmen die Beobachtungen an Granatdodekaëdern vollkommen überein. Schliffe nach monosymmetrischen Flächen müssten die optischen Eigenschaften eines monoklinen Krystalles zeigen, geschnitten nach einer der Symmetrieaxe parallelen Ebene, und dies ist in der That der Fall bei Ikositetraëderschliffen von Granat und Pyritoëderschliffen von optisch anomalem Bleinitrat (Brauns, s. diese Zeitschr. **22**, 174). Den asymmetrischen Hexakisoktaëderflächen endlich entspricht das optische Verhalten trikliner Krystalle (Granat).

Die auseinandergesetzten Eigenschaften der Wachsthumspyramiden können aber nur dann überall in denselben vorhanden sein, wenn eine Dichtigkeitsverminderung nur in der Richtung der Normalen zu ihrer Basis stattfindet. Der Verf. nimmt nun weiter an, dass die als dichter betrachteten Skelettwände die Dichtigkeit der sich an dieselben anlagernden Theile der Wachsthumspyramiden in ähnlicher Art beeinflussen, wie ein Druck oder Zug normal zur Skelettwand. Die Folge davon wäre, dass eine trigonale Wachsthumspyramide, deren Basis eine Oktaëderfläche ist, sich höchstens in der Mitte optisch einaxig verhält, der Hauptsache nach aber in drei zweiaxige Sectoren zerfällt, dass ferner Schliffe nach dem Hexaëder und Dodekaëder vier Sectoren zeigen u. s. f.

Die Hypothese des Verfs. steht also mit den beobachteten Erscheinungen im Allgemeinen in Uebereinstimmung, ebenso auch die entgegengesetzte Annahme, dass in den Wachsthumspyramiden die Aenderung des Abstandes der Moleküle nicht senkrecht, sondern parallel zu deren Basis stattfinde, ohne dass jedoch von einer solchen Aenderung der Molekularstructur irgend ein thatsächlicher Beweis zu geben wäre. Dieselbe ist eine ebensolche Annahme, wie diejenige des Entstehens von regelmässigen Spannungen durch den Act der Krystallisation (Reusch). Dass die Substanz optisch anomaler Analcimkrystalle normal zu den Flächen eine geringere Dichtigkeit besitze, schliesst der Verf. aus der Thatsache, dass die konischen Aetzfiguren nach dieser Richtung den grössten Durchmesser haben. Dieser Schluss entspricht der Annahme des Verfs., dass in den Wachsthumspyramiden die zur Ausfüllung unzureichende Krystallsubstanz sich continuirlich abgelagert habe auf Kosten der dabei erniedrigten Dichtigkeit. Jene Gestalt der, übrigens nicht regelmässigen, Aetzfiguren (s. diese Zeitschr. 7, 106) könnte jedoch ebenso gut auf Discontinuitäten beruhen, und das Gleiche gilt für die zuweilen beobachtete leichtere Löslichkeit der Substanz in den Anwachspyramiden gegenüber derjenigen an den Kanten [1]).

---

1) Sehr interessante Betrachtungen über die hier in Betracht kommenden Wachsthumsverhältnisse der Krystalle enthält der von F. Becke am 26. Nov. 1892 im naturwiss. Verein »Lotos« in Prag gehaltene Vortrag: »Der Aufbau der Krystalle aus Anwachskegeln« (Lotos 1894, **14**).

Die Betrachtungen des Verfs. über den Einfluss isomorpher Mischung auf die optischen Anomalien, ebenso wie eine Kritik derselben durch Brauns (N. Jahrb. f. Min. etc. 1895, 2, 133 und eine Erwiderung hierauf (die wahrscheinlichen Ursachen der anomalen Doppelbrechung der Krystalle, Lissabon 1896, 57 SS.) können hier übergangen werden, da eine Klärung der Ansichten hierüber nur eintreten kann auf Grund genauerer Kenntniss der Molekularstructur der Krystalle, wie sie durch die neuesten Forschungen über isomorphe Mischungen eben erst angebahnt zu werden scheint. Als ein thatsächlicher Beitrag zu dieser Frage möge die gelegentlich von dem Verf. mitgetheilte Untersuchung der schwarzgrünen Granatkrystalle aus der Kalkcontactzone des Granitmassivs von Cintra bei Lissabon wiedergegeben werden. Lepierre fand darin: SiO_2 34,01, Fe_2O_3 30,23, CaO 33,06, TiO_2 1,50, Al_2O_3 1,03, MgO 0,24 (Summe 100,07). Dieser Granat ist eine isomorphe Mischung, zeigt aber keine merkliche Doppelbrechung.

Ref.: P. Groth.

7. L. Wulff (in Schwerin i. M.): **Mittheilungen zur Kenntniss der regulär krystallisirenden Salze** (Sitzungsber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1894, S. 387 u. 1085).

Bei der Fortsetzung seiner Krystallisationsversuche (vergl. diese Zeitschr. 25, 622) beobachtete der Verf. Folgendes:

Chlorkalium zeigt ausser {100} und {111} auch vereinzelte Flächen {*hkl*} (nicht messbar), wenn dasselbe aus Lösungen mit viel Chlormagnesium krystallisirt. Bei langsamer Zersetzung von sich lösendem Carnallit bildeten sich Kubooktaëder, wie sie in Stassfurt vorkommen; bei der Abkühlung solcher, zwischen festen Carnallitstücken befindlicher Lösungen zeigten sich keine Wachsthumsformen, sondern gut ausgebildete Krystalle.

Chlornatrium. Das mehrfach beobachtete Auftreten vereinzelter grosser Oktaëderflächen bei Zusatz von Soda ist analog dem Verhalten von Chlorkalium bei Zusatz von Kaliumjodat. Der Verf. betrachtet jene Flächen als Auflagerungsflächen oder als Ueberreste von ursprünglich vollflächig entwickelten Oktaëdern, deren Flächen durch Habituswechsel grossentheils verschwunden sind.

Chlorammonium. Die bekannten Verzerrungen der Krystalle entstehen dadurch, dass bei schnellem Wachsthum in einer Richtung die am wenigsten gegen dieselbe geneigten Flächen am grössten ausgebildet erscheinen. Findet das Wachsthum nach einer Hexaëdernormale statt, so bilden die betreffenden Flächen von {211} eine ditetragonale Bipyramide[1]), die der gyroëdrischen Form {*hkl*} ein spitzes tetragonales Trapezoëder. Ist eine trigonale Axe die herrschende Wachsthumsrichtung, so liefert ein Ikositetraëder vorwiegende Flächen eines spitzen Rhomboëders (bei {211} ein hexagonales Prisma), ein Gyroëder dagegen trigonale Trapezoëder, resp. Prismen. Im Falle des Wachsthums nach einer rhombischen Axe sind im Allgemeinen nur zwei Flächen gleich geneigt, einem Sphenoid entsprechend, welche einander in einer senkrecht zu jener Axe verlaufenden Kante schneiden; aus diesem Grunde und als Folge häufigen Wechsels

---

1) Der Zerfall dieser Form in zwei tetragonale Trapezoëder, wie er mehrfach beobachtet wurde, lässt sich nicht, wie der Verf. meint, durch die gyroëdrische Hemiëdrie erklären, da dieser drei vierzählige Symmetrieaxen zukommen, während bei jenen Verzerrungen nur noch eine einzige vierzählige Axe (die Richtung des vorherrschenden Wachsthums) existirt. Der Ref.

der herrschenden Wachsthumsrichtung dürfte sich die grössere Unregelmässigkeit der dodekaëdrischen Wachsthumformen erklären.

Ref.: P. Groth.

8. **H. Baumhauer** (in Lüdinghausen): **Die Resultate der Aetzmethode in der krystallographischen Forschung, an einer Reihe von krystallisirten Körpern dargestellt** (Leipzig 1894. 131 SS. mit 21 Textfiguren und 12 Lichtdrucktafeln).

Der Verf. hat von einer Anzahl besonders instructiver Präparate (ausser eigenen auch solcher von Becke und Tschermak) Photographien und nach diesen Lichtdrucke herstellen lassen, welche eine vorzügliche Anschauung der verschiedenartigen, an den Krystallen vorkommenden Aetzerscheinungen liefern. Der begleitende Text enthält zunächst eine eingehende historische Darstellung der bisherigen Ergebnisse der Aetzmethode, an welche sich einige neue Resultate des Verfs. anschliessen. Diese beziehen sich auf folgende Körper:

Monokaliumphosphat und -arseniat, PO_4KH_2 und AsO_4KH_2. Die Prismenflächen zeigen unsymmetrische Aetzfiguren, welche auf zwei benachbarten Flächen symmetrisch sind in Bezug auf die Diagonalebenen des Prismas, so dass dieses als Prisma zweiter Art, und die Krystalle als tetragonal-bisphenoidisch anzusehen sind. Dem entsprechen auch die dreiseitigen, unsymmetrischen Aetzfiguren auf den Pyramidenflächen, welche noch deutlicher am entsprechenden Ammoniumphosphat zu erhalten sind. Letzteres, sowie das Ammoniumarseniat, liefert auf den Prismenflächen Aetzfiguren, welche auf eine Hemimorphie nach der Hauptaxe und auf Zwillingsbildung nach der Basis hindeuten.

Aetzversuche an Kalium- und Thallium-Alaun und deren Mischkrystallen zeigten, dass das Verhalten der letzteren zwischen demjenigen der reinen Salze liegt (das Auftreten von Kantenabstumpfungen der dreiseitigen Vertiefungen ist meist an dasjenige der Eckenabstumpfung durch {111} gebunden). Die Aetzfiguren der isomorphen Mischungen aus der Reihe der monoklinen Doppelsulfate stimmen mit denjenigen der reinen Salze überein.

Die auf den 48 Mikrophotographien der 12 Lichtdrucktafeln dargestellten Aetzerscheinungen beziehen sich auf folgende Substanzen:

1—6 Flussspath, 7—8 Kryolith, 9—13 Apatit, 14—15 Strychninsulfat, 16 Nickelsulfat, 17—18 Dolomit, 19 Magnesit, 20 Siderit, 21—26 Nephelin, 27 Zinnwaldit, 28—33 Datolith, 34—38 Leucit, 39—48 Boracit. Dieselben erläutern die in den bekannten Arbeiten des Verfs. u. A. beschriebenen Verhältnisse, welche in dem begleitenden Texte auf Grund jener Arbeiten nochmals eine übersichtliche Erklärung finden. Da die betreffenden Publicationen theils in dieser Zeitschrift erschienen sind, theils ausführlich referirt wurden, sollen im Folgenden nur einige neue Beobachtungen resp. Betrachtungen des Verfs. erwähnt werden.

Zinnwaldit. Da die asymmetrischen Aetzfiguren auf der Oberseite einer Platte durch Drehung von 180° um die Axe *b* die Lage derjenigen der Unterseite annehmen, so betrachtet der Verf. das Mineral als hemimorph-monoklin und die entgegengesetzte Lage der Aetzfiguren auf derselben Fläche als durch Zwillingsbildung nach (010) entstanden.

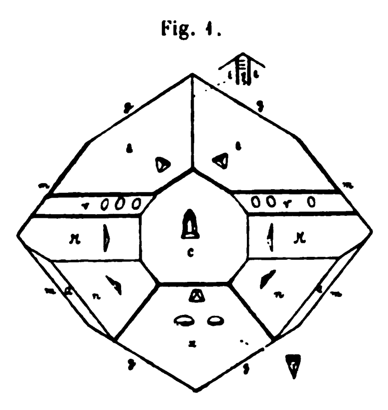
Nickelsulfat, $SO_4Ni.6H_2O$. Basische Spaltungsplatten liefern, mit einer Mischung von Weingeist und Wasser geätzt, quadratische Figuren, deren Seiten

einen Winkel von ca. 4^0 mit denen der Platte bilden, und zwar auf der Ober- und Unterseite im Sinne eines, entweder rechten oder linken, Trapezoëders. Dieses Resultat stimmt mit der von Blasius beobachteten Asymmetrie der Aetzfiguren auf den Pyramidenflächen überein. Die Lichtfigur der geätzten Platten deutet auf das Vorhandensein sehr schmaler Kantenabstumpfungen der vierseitigen Eindrücke hin.

Dolomit vom Binnenthal zeigt ausser der gewöhnlichen Zwillingsbildung nach $\infty R\{\bar{2}11\}$ auch eine solche nach $0R\{111\}$. Die am Magnesit und Siderit beobachteten Abweichungen von skalenoëdrischer Symmetrie lassen sich, besonders deutlich bei letzterem, auf Inhomogenitäten der geätzten Flächen zurückführen.

Nephelin. Aetzung der Basis mit einer verdünnten kalten Mischung von Salz- und Schwefelsäure ergab Figuren von zweierlei Stellung, entsprechend einer Zwillingsbildung nach einer Fläche des ersten, nicht, wie Verf. früher annahm, des zweiten Prismas.

Fig. 1.



Datolith. Zu den Versuchen dienten meist Krystalle von der Serra dei Zanchetti (s. diese Zeitschr. 18, 151). Fig. 1 zeigt einen mit Salzsäure geätzten Krystall ohne oder mit (rechts oben) der Abstumpfung ξ; rechts unten ist die auf der vorherrschenden x-Fläche an Krystallen von der Seiser Alpe beobachtete Aetzfigur beigesetzt. Als Aetzzonen erscheinen besonders diejenigen der drei Krystallaxen, als primäre Aetzfläche c; ε, x, ν und m (s. Fig. 2, die Prismenzone darstellend) zeigen Aetzhügel oder besonders grosse und zahlreiche Vertiefungen und sind daher Lösungsflächen, d. h. Flächen geringen Widerstandes. Prärosionsflächen (s. Fig. 1) treten besonders an den Kanten $c:x$ und $\varepsilon:c$ auf, also an solchen, welche »Lösungsflächen« parallel sind. Während

Fig. 2.

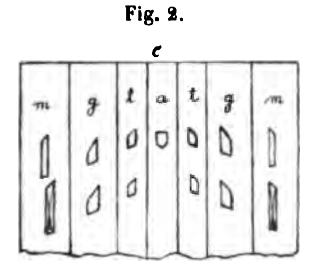
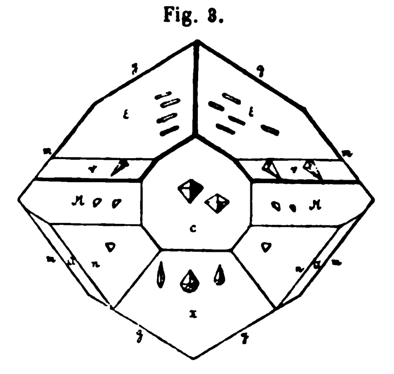


Fig. 3.



die Aetzung mit Schwefelsäure ein ähnliches Resultat liefert, sind die durch Aetzkali hervorgebrachten Aetzerscheinungen ganz andere, so dass der Datolith ein weiteres Beispiel des Gegensatzes saurer und alkalischer Aetzung darbietet. Ein mit KOH geätzter Krystall ist in Fig. 3 dargestellt; statt der Axen a und b sind

die Pyramidenzonen Aetzzonen, und x spielt hier nicht die Rolle einer Lösungsfläche; Prärosionsflächen erscheinen namentlich an den an s anliegenden Kanten.

Leucit. Einige Beobachtungen an aufgewachsenen glänzenden Krystallen, deren Messungen allerdings in Folge der vielen feinen Lamellen Schwankungen zeigten, bestätigten im Wesentlichen die Ansicht des Verfs. von der tetragonalen Symmetrie, indem die als zu $o\{111\}$ G. vom Rath's gehörig betrachteten Flächentheile beim Aetzen mit verdünnter Flusssäure kurzlinienförmige Eindrücke parallel der symmetrischen Diagonale der Fläche und ebenso orientirte Auslöschung zeigten, während auf $n\{421\}$ auch kurze, aber mehr wulstige Striche erscheinen, welche, wie die Auslöschungsrichtung, senkrecht zur horizontalen Kante der ditetragonalen Bipyramide sind.

Boracit. Bei der Herstellung von Schliffen aus Krystallen von Lüneburg liess sich deutlich nachweisen, dass beim Schleifen Umlagerungen eintreten, so dass die einzelnen Zwillingspartieen zum Theil anderes optisches Verhalten zeigen, als es den auf der Oberfläche beobachteten Aetzfiguren entspricht. Die Untersuchung der in neuerer Zeit im Carnallit von Douglashall bei Westeregeln gefundenen Krystalle zeigte, dass bei diesen nicht, wie bei denen von Lüneburg, diejenigen von dodekaëdrischem und hexaëdrischem Habitus den von Mallard angegebenen Aufbau, die tetraëdrischen oder scheinbar oktaëdrischen dagegen die vom Verf. zuerst angegebene Zusammensetzung haben, sondern der gleiche Aufbau auch bei ganz verschiedenem Habitus vorkommt. So zeigen die grünen (eisenhaltigen) Krystalle die erstere Art der Zusammensetzung sowohl bei hexaëdrischer als bei tetraëdrischer Ausbildung. Die farblosen verhalten sich ähnlich, zeigen aber auf den Hexaëderflächen schon Theile $\{001\}$, während endlich die kleinen gelblichen Krystalle wesentlich nach dem vom Verf. früher erkannten Schema der oktaëdrischen Lüneburger Boracite aufgebaut sind. Diese gelblichen Krystalle, an denen die Formen $\{100\}$, $\{111\}$, untergeordnet $\{110\}$, seltener $\{1\bar{1}1\}$, $\{2\bar{1}1\}$, $\{531\}$ beobachtet wurden, lieferten mit einer verdünnten Mischung von Salz- und Schwefelsäure auf den auch optisch sich fast einheitlich verhaltenden Hexaëderflächen fast nur die symmetrischen Aetzfiguren, welche der Basis der nach der Verticalaxe hemimorphen, rhombischen Einzelkrystalle entsprechen. Die Hemimorphie geht aus der unsymmetrischen Gestalt der Aetzfiguren hervor, welche auf den der Form $\{110\}$ der Einzelkrystalle angehörigen Theilen der Hexaëderflächen entstehen.

Ref.: P. Groth.

9. H. Traube (in Berlin): **Ueber die pyroëlektrischen Eigenschaften und die Krystallform des Prehnit** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1894—95, Beil.-Bd. 9, 134).

Die Untersuchung mittelst der Kundt'schen Methode ergab an Krystallen von Jordansmühl in Schlesien Polarität nach der Axe a, indem die eine Hälfte des Krystalles (nach (100) getheilt gedacht) positiv, die andere negativ erregt wurde; nach (100) geschnittene dünne Platten zeigen auf ihren beiden Flächen entgegengesetzte Elektricität. Die Krystalle, welche bei unvollständiger Ausbildung stets mit dem analogen Ende aufgewachsen waren, zeigten entweder die kubische Combination $\{001\}$, $\{110\}$ mit schmalen Flächen $\{010\}$ und selten $\{100\}$, oder waren nach Axe b verlängerte Tafeln mit den Formen $\{001\}$, $\{110\}$, $\{100\}$, $\{304\}$, $\{102\}$, $\{308\}$, selten $\{130\}$, $\{131\}$, oder endlich prismatisch nach (110) mit $\{331\}$ und vorwaltendem meist gekrümmtem $\{031\}$. Abweichend verhielten sich pyramidale Krystalle desselben Fundortes, welche, meist mit einem Ende der

Axe *c* aufgewachsen, {331} combinirt mit {031} und {001} zeigten; dieselben erwiesen sich als Zwillinge nach (100), mit den antilogen Polen verbunden, so dass die vordere und hintere Polkante der Pyramide beim Abkühlen negativ, die Flächen von {031} positiv wurden. Basische Platten zeigten ausserdem eine Zusammensetzung aus vier Sectoren, deren je zwei gegenüberliegende gleiche, benachbarte dagegen um 5° abweichende Auslöschungsrichtungen zeigen, und von welchen jeder einen Zwilling nach (100) bildet. Mit einer rhombischen, nach der Axe *a* hemimorphen Symmetrie stimmen auch die Aetzfiguren überein, welche am besten durch schmelzendes Aetzkali hervorgebracht werden; dieselben zeigen besonders deutlich auf (001) die Polarität nach *a*.

Die Krystalle von Striegau, aus dem Radauthale im Harz und von Ratschinges bei Sterzing sind einfach und mit dem analogen Pole aufgewachsen (vom letztgenannten Fundorte scheint Hankel auch Zwillinge des sogleich zu beschreibenden Gesetzes untersucht zu haben). Basische Tafeln von Bourg d'Oisans wurden beim Abkühlen an beiden stumpfen Ecken positiv, in der Mitte negativ, sind also mit dem analogen Pole verwachsene Zwillinge nach (100), deren Grenzen auch durch die Aetzfiguren auf (001) festzustellen sind (dies sind die »centralpolarischen« Krystalle von Riess und Rose). Dasselbe Zwillingsgesetz gilt für die Krystalle von Kongsberg und kommt vereinzelt auch bei den, meist einfachen, Krystallen von Farmington, Conn., vor.

An einem kubisch ausgebildeten, mit dem analogen Pol aufgewachsenen, röthlichen Krystalle von Jordansmühl wurden die Formen {001}, {110}, {100}, *{301}, {304}, *{302}, *{501} beobachtet, von denen die mit * bezeichneten neu sind.

	Beobachtet:	Ber. f. $a:b:c = 0,8420:1:1,1272$ (Beutell):
(302):(001) =	63° 48′	63° 31½′
(301):(001)	76 26	76 1
(501):(001)	81 30	81 30

Ein pyramidaler Krystall von demselben Fundorte zeigt ausser {331}, {031} ziemlich gross die neue Form {441}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(441):(331) =	2° 40′	2° 39′
(441):(4$\bar{4}$1)	78 24	78 46
(441):($\bar{4}$41)	98 6	98 25½

Der Prehnit von Jordansmühl ist aufgewachsen auf derbem Prehnit, der anscheinend aus der Umwandlung von Plagioklas entstanden ist. Im Dünnschliffe verhält er sich optisch normal.

Ref.: P. Groth.

10. H. Traube (in Berlin): **Ueber die chemische Zusammensetzung und die Krystallform des künstlichen Zinkoxydes und Wurtzits** (Ebenda 147).

Der Verf. untersuchte verschiedene, aus den Hüttenwerken von Tarnowitz in Oberschlesien stammende Krystallisationen von ZnO.

1) Wasserhelle, sehr gut spiegelnde Krystalle von chemisch reinem Zinkoxyd; Comb. {10$\bar{1}$0}, {10$\bar{1}$1}, {0001}. $a:c = 1:1,6077$; (10$\bar{1}$1):(01$\bar{1}$1) = 52° 14′, (10$\bar{1}$1):(10$\bar{1}$0) = 28° 18′ (ber. 28° 18¾′).

2) ZnO mit Spuren von CdO und FeO in äusserlich strohgelb gefärbten Krystallen {10$\bar{1}$1}, {10$\bar{1}$0}, {000$\bar{1}$}, bisweilen ausgezeichnet hemimorph, zum

Theil Zwillinge nach (0001) mit verschiedener Grösse der Basis. $a : c = 1 : 1,6032$; $(10\bar{1}1):(01\bar{1}1) = 52^0 11'$, $(10\bar{1}1):(10\bar{1}0) = 28^0 24'$ (ber. $28^0 24\frac{1}{2}'$).

3) Ebenso ausgebildete Krystalle, deren äussere Schichten dunkelgrün waren und 0,38 % *FeO* nebst Spuren von *MnO* enthielten. $a : c = 1 : 1,6684$; $(10\bar{1}1):(10\bar{1}0) = 27^0 26'$, $(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$ ber. $52^0 47\frac{3}{4}'$.

4) Dunkelbraune Krystalle mit 0,48 *FeO*, 0,27 *MnO* und Spuren von *CdO*. Comb. $\{10\bar{1}0\}$, $*\{11\bar{2}4\}$ am Ende vorherrschend, $*\{11\bar{2}3\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{20\bar{2}1\}$, $\{0001\}$. $a : c = 1 : 1,6403$.

		Beobachtet:	Berechnet:
$(10\bar{1}1):(10\bar{1}0)$	=	$*27^0 50'$	—
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$		52 16	$52^0 59'$
$(11\bar{2}4):(2\bar{1}\bar{1}4)$		35 4	35 15
$(11\bar{2}4):(10\bar{1}0)$		43 12	42 $55\frac{1}{2}$
$(11\bar{2}4):(0001)$		39 14	39 $21\frac{1}{2}$
$(11\bar{2}3):(2\bar{1}\bar{1}3)$		—	43 $34\frac{3}{4}$
$(11\bar{2}3):(10\bar{1}0)$		31 22	31 $33\frac{1}{2}$
$(11\bar{2}3):(0001)$		47 51	47 $33\frac{1}{2}$

Auf der Basis dieser Krystalle aufsitzende kleinere der Comb. $\{10\bar{1}1\}$ $\{0001\}$ befinden sich zu jenen in Zwillingsstellung nach (0001), wie die umgekehrt liegenden Aetzfiguren auf den Pyramidenflächen lehren.

Wie aus obigen Angaben und denjenigen von Rinne, Hutchinson und Cundall hervorgeht, werden die Winkel des Zinkoxyds durch geringe Beimengungen sehr stark beeinflusst.

Wurtzit aus den Bleischlacken von Tarnowitz, 0,81 % *Fe* enthaltend. Bräunlichgelbe, durchscheinende, nach unten stark verjüngte Krystalle mit den Formen: $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{0001\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{20\bar{2}1\}$, $*\{50\bar{5}3\}$, $\{20\bar{2}\bar{1}\}$, $\{40\bar{4}\bar{5}\}$, $*\{80\bar{8}\bar{1}\}$.

$a : c = 1 : 0,8152.$

		Beobachtet:	Berechnet:
$(10\bar{1}1):(0001)$	=	$*43^0 16'$	—
$(50\bar{5}3):(10\bar{1}1)$		14 25	$14^0 13\frac{1}{2}'$
$(20\bar{2}1):(10\bar{1}0)$		28 4	27 59
$(80\bar{8}\bar{1}):(10\bar{1}0)$		7 21	7 34
$(40\bar{4}\bar{5}):(10\bar{1}0)$		52 56	53 1

Spaltb. $\{10\bar{1}0\}$ vollk. Die von Stahl (Berg- u. Hüttenmänn. Zeit. 1888, 207) beobachtete Spaltbarkeit nach einem Rhomboëder konnte nicht nachgewiesen werden. Die Aetzfiguren auf den prismatischen Spaltungsflächen, mit verdünnter Salpetersäure erzeugt, sind gleichschenkelige Dreiecke.

Ref.: P. Groth.

11. F. E. Tuttle (in Göttingen): **Krystallographische Untersuchung organischer Verbindungen** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1894—95, Beil.-Bd. 9, 451).

Sesquiterpenchlorid $C_{15}H_{25}Cl$. Schmelzp. 63^0.

Dargestellt von Wallach und Walker (Ann. d. Chem. 1892, 271, 289). Grosse Krystalle aus Ligroïn.

Rhombisch bipyramidal. $a : b : c = 0,7865 : 1 : 1,5622$.

Beob. Formen: $\{001\}$, $\{111\}$, $\{011\}$.

	Beobachtet:	Berechnet:
(111):(1̄11) =	*93° 54½′	—
(111):(11̄1)	*70 11	—
(111):(001)	68 24½	68° 24½′

Ebene der opt. Axen (100), 1. Mittell. c, Doppelbr. +. $2H$ = 92° 2′ *Li*, 92° 17′ *Na*, 92° 26′ *Tl*.

Sesquiterpenbromid $C_{15}H_{25}Br$. Schmelzp. 61½°.
Dargest. von Dens. (l. c. 290).

Isomorph vor. $a:b:c = 0{,}7823:1:1{,}5328$.

Beob. Formen: {001}, {011}, {101}, {111}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(101):(001) =	*62° 57¾′	—
(011):(001)	*56 52¾	—
(111):(001)	68 9	68° 6′
(111):(1̄11)	94 13	93 54½
(111):(101)	34 39	34 52

Ebene d. opt. Axen (100), 1. Mittell. c, Dispersion $\varrho > v$. Doppelbr. —.

Sesquiterpenjodid $C_{15}H_{25}J$. Schmelzp. 61°.
Dargest. von Dens. (l. c. 290). Krystalle aus Alkohol.

Isomorph vor. [1]. $a:b:c = 0{,}8252:1:1{,}5444$.

Beob. Formen: {101}, {001}, {010}, {011}, {111}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(101):(001) =	61° 55½′	61° 53′
(011):(001)	56 59	57 4½
(011):(011̄)	*65 51	—
(111):(101)	*36 3	—

Sesquiterpennitrat $C_{15}H_{25}ONO_2$. Schmelzp. 96°.
Dargest. v. Dens. Krystalle aus Alkohol.

Rhombisch bipyramidal. $a:b:c = 0{,}9543:1:1{,}3837$.

Beob. Formen: {001}, {101}, {010}, {110}, {111}, {012}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(101):(001) =	*55° 23′	—
(110):(010)	*46 20½	—
(111):(010)	51 50	51° 51′
(012):(001)	34 51 ca.	34 40½

Spaltb. (010) vollk. Ebene der opt. Axen für Roth bis Grün (100), für Blau (010). $2E$ = 23° 6′ f. *Li*, 18° 32′ f. *Na*, 10° 23′ f. *Tl*, 0 für $\lambda = 0{,}00050$ mm [2], 9° 19′ f. Blau.

---

1) Der Verf. hat diese Isomorphie übersehen und die Krystalle, weil sie (in Folge des anderen Lösungsmittels) etwas abweichend ausgebildet waren durch Vorherrschen von {101} und Hinzutreten von {010}, ganz anders gestellt. Der Ref.

2) Nach der Methode von Liebisch (s. diese Zeitschr. **25**, 576) bestimmt.

Caryophyllenalkohol $C_{15}H_{25}.OH$. Schmelzp. 94°—95°.

Dargest. von Wallach und Walker (Ann. d. Chem. 1892, **271**, 288). Kryst. aus Alkohol. Rhomboëdrisch oder ditrigonal skalenoëdrisch (?). $a : c =$ 1 : 0,8060. Comb. eines Rhomboëders (Polk. 72° 19′) mit dem hexagonalen Prisma 2. Art, letzteres herrschend. Doppelbr. —.

Champacol $C_{15}H_{26}O$. Schmelzp. 91°.

Dargest. von Tuttle (Ueber Sesquiterpene etc. Dissertat. Göttingen 1893). Kryst. aus Alkohol. Trigonal (oder ditrigonal?) pyramidal. $a : c =$ 1 : 0,5492. Grosse hexag. Prismen 1. Art mit einem Rhomboëder von 55° 16½′ Polk., welche, da die Krystalle stark pyroëlektrisch sind, als Combinationen zweier trigonaler Prismen und Pyramiden aufzufassen sind.

Spaltb. n. d. Prisma sehr vollk. Doppelbr. +.

α-Thujaketonsäure $C_{10}H_{16}O_3$. Schmelzp. 75°—76°.

Dargest. von Wallach (Ann. d. Chem. 1893, **272**, 113; **275**, 164). Krystalle aus Aether.

Rhombisch. $a : b : c = 0,9553 : 1 : 1,2623$.

Comb. {001}, {110}, {011}, {021}, {010}, {101}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(1$\bar{1}$0) =	*87° 23½′	—
(021):(001)	*68 23½	—
(011):(001)	51 28	51° 37′
(101):(001)	52 45	52 53

Spaltb. (001) vollk. Ebene d. opt. Axen (100), 1. Mittell. c, $2E = 73° 43'$ *Li*, 74° 14′ *Na*, 74° 41′ *Tl*, 75° 8′ Blau. Doppelbr. +.

Isomere Camphersäure aus Thujon $C_{10}H_{16}O_4$.

Schmelzp. 146°—147°. Dargest. von Wallach (Ann. d. Chem. 1893, **275**, 180). Kryst. aus wässerigem Alkohol.

Rhombisch. $a : b : c = 0,5972 : 1 : 1,5406$.

Comb. {001}, {110}, {011}.

(110):(1$\bar{1}$0) =	61° 41½′
(011):(001)	57 1

Spaltb. (001) vollk. Ebene der optischen Axen (010); 1. Mittell. c; $2E =$ 107° 12′ *Li*, 108° 15′ *Na*, 110° 12′ *Tl*, 111° 27′ Blau. Doppelbr. +.

r-Formylmenthylamin $C_{10}H_{19}NH.COH$.

Schmelzp. 116°—117°. Dargest. von Wallach u. Kuthe (Ber. d. d. chem Ges. 1892, **25**, 3313). Kryst. aus Methylalkohol. Die Lösung ist rechtsdrehend (Binz, Zeitschr. f. physik. Chem. 1893, **12**, 729).

Rhombisch [1]. $a : b : c = 0,8565 : 1 : 0,7254$.

Comb. {111}, {110}, {011}, {001}, {010}.

1) Nicht durch Aetzversuche geprüft, welche wahrscheinlich eine Ungleichwerthigkeit der Pyramidenflächen (bisphenoidische Symmetrie) ergeben haben würden.
Der Ref.

	Beobachtet:	Berechnet:
(111):(1̄11)	= *68° 53′	—
(111):(110)	*41 53	—
(111):(11̄1)	57 53	57° 56′
(110):(11̄0)	81 4	81 9½

l-Formylmenthylamin $C_{10}H_{19}NH.COH$. Schmelzp. 102°.

Darstell. s. Ber. d. chem. Ges. 1892, 25, 619. Kryst. aus Methylalkohol. Die Lösung ist linksdrehend (Binz l. c.)[1].

Rhombisch[2]. $a : b : c = 0,9691 : 1 : 1,4179$.

Beobachtete Formen: {111}, {001}, {101}, {011}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(111):(001)	= *63° 51′	—
(111):(1̄11)	*80 17	—
(111):(11̄1)	77 26½	77° 19½′

Ebene der optischen Axen (100), 1. Mittell. c, $2H = 94°\ 41'$ *Na* ($\varrho < v$). Doppelbr. —.

l-Acetylmenthylamin $C_{10}H_{19}NH.CO.CH_3$.

Schmelzp. 143°—144°. Dargest. von Kuthe l. c. Kryst. aus Essigäther. Lösung linksdrehend (Binz l. c.).

Rhombisch[2]. $a : b : c = 0,7706 : 1 : 0,6985$.

Comb. {110}, {010}, {001}, {111}, {011}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(111):(1̄11)	= *73° 14′	—
(110):(010)	*52 23	—
(111):(001)	48 53	48° 51′

Spaltb. (010) sehr vollk. Ebene der opt. Axen (001), 1. Mittell. b; $2H = 101°\ 50'$ *Li*, $100°\ 7'$ *Na*, $98°\ 19'$ *Tl* (durch {110} die Axenbilder nahe der Mitte des Gesichtsfeldes sichtbar).

Phenylmenthylsulfoharnstoff A. $CS\begin{cases}NH.C_{10}H_{19}\\NH.C_6H_5.\end{cases}$

Schmelzp. 179°. Dargest. von Kuthe l. c. Kryst. aus Methylalkohol.

Tetragonal. $a : c = 1 : 3,1419$.

Comb. {111} oder {001} vorherrschend, selten noch {101} und {201}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(111):(001)	= *77° 19′	—
(101):(001)	72 21½	72° 21′
(201):(001)	81 2½	80 57

Spaltb. (001) sehr vollk., {110} und {100} minder vollk. Doppelbr. —.

---

1) Die Grösse der Drehung ist verschieden von der des geometrisch isomeren vorhergehenden Körpers (s. Wallach, Ann. d. Chem. 276, 297), daher auch die Krystallform beider verschieden. Der Ref.

2) S. Anm. auf vor. S.

Formyl-p-Nitranilid $C_6H_4\begin{cases}NHCOH\\NO_2.\end{cases}$ Schmelzp. 194°.

Monoklin. $a:b:c = 1,1336:1:1,3143$; $\beta = 96^0\,53'$.

Beob. Formen: {001}, {110}, {111}.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(111):(1\bar{1}1)$ =	*77° 48'	—
$(111):(110)$	*28 34	—
$(111):(\bar{1}10)$	*86 31½	—
$(110):(001)$	85 27	85° 26'

Ebene der opt. Axen (010), durch (001) eine Axe im stumpfen Winkel β.

Ref.: P. Groth.

12. H. Traube (in Berlin): **Beiträge zur Kenntniss des Nephelins und des Davyns** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1894—95, Beil.-Bd. 9, 466).

Der Verf. bestätigte die von Baumhauer (diese Zeitschr. 6, 209, vergl. auch S. 523) nachgewiesene unsymmetrische Gestalt der Aetzfiguren und konnte durch dieselben die Existenz folgender Zwillingsgesetze nachweisen:

1. Ein rechter und ein linker Krystall symmetrisch zur Basis mit den positiven Enden (nach denen die Spitzen der Aetzfiguren hinweisen) oder (seltener) mit den negativen Enden verwachsen.

2. Zwillinge dieser Art bilden Vierlinge nach einer Fläche des 1. oder 2. Prismas.

3. Durch Wiederholung dieser Zwillingsbildung kommt es vor, dass zwei rechte (oder linke) Krystallpartien an einander treffen, welche sich durch eine halbe Umdrehung um eine Queraxe unterscheiden.

Polare Pyroëlektricität und Circularpolarisation konnten nicht nachgewiesen werden. Die Doppelbrechung wurde stets negativ gefunden; vorkommende optische Anomalien schienen durch Einschlüsse bedingt zu sein.

Kleine dünne Nadeln von Kaliophilit aus den Drusen des Leucit vom Capo di Bove gaben nur undeutliche Aetzfiguren, ähnlich denen des Nephelin.

Davyn, mit verdünnter Salpetersäure, welche den Nephelin nicht angreift, behandelt, zeigt auf den Prismenflächen sofort sehr deutliche Aetzfiguren, nach deren Symmetrie er der holoëdrischen Abtheilung des hexagonalen Systems angehört. Neben den positiv doppeltbrechenden Krystallen beobachtete der Verf. auch solche mit negativer Doppelbrechung, deren Krystallform genau diejenige der ersteren war, und welche bei der Analyse ergaben (0,3 g Subst.):

SiO_2	33,12
Al_2O_3	28,60
CaO	9,91
K_2O	11,91
Na_2O	7,22
Cl	5,14
SO_3	2,38
	98,28
O entspr. Cl	1,16
	97,12
CO_2 (Diff.)	2,88
	100,00

Ferner bestimmte der Verf. mit einer grösseren Quantität des gewöhnlichen, optisch positiven Davyn die Menge des bei der Behandlung mit Säuren als SH_2 entweichenden Schwefels zu 0,08 %.

Ref.: P. Groth.

13. H. Traube (in Berlin): **Ueber die Krystallformen regulärer und optisch einaxiger Substanzen, deren Lösungen ein optisches Drehungsvermögen besitzen** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, Beil.-Bd. **9**, 625).

Zur Prüfung der Frage, ob einfach brechende Krystalle von Substanzen, welche in Lösung optisch activ sind, Circularpolarisation besitzen, stellte der Verf. Alaune des Coniin dar.

Coniineisenalaun $C_8H_{18}N.Fe(SO_4)_2.12H_2O$.

Grosse, fast farblose Oktaëder, selten untergeordnet {100}. Die Aetzfiguren auf {111} sind trigonal, gegen die Oktaëderkanten um 4° gedreht und zwar auf benachbarten Flächen entgegengesetzt, die auf {100} sind tetragonal und 4°—5° von der Kante [111, 100] abweichend. Darnach sind die Krystalle tetartoëdrisch. Dieselben sind im Wesentlichen optisch normal und liessen selbst bei 3 cm Dicke keine Circularpolarisation erkennen. Das specifische Drehungsvermögen der Lösung ist $[\alpha]_D = + 0,53^0$.

Coniinaluminiumalaun $C_8H_{18}N.Al(SO_4)_2.12H_2O$.

Wasserhelle Oktaëder mit ähnlichen Aetzfiguren, wie voriger. Keine Circularpolarisation. Spec. Drehungsvermögen der Lösung $[\alpha]_D = + 0,68^0$.

Aus einer Lösung von Coniineisenalaun und wenig Kaliumchromalaun schieden sich tief violette Oktaëder ab, welche kein Coniin enthielten, sondern Mischkrystalle von *KCr*- und *KFe*-Alaun waren; also scheint der Alaun des activen Coniins nicht mit den gewöhnlichen Alaunen isomorph zu sein.

Laurineenkampher $C_{10}H_{16}O$.

Der Verf. erhielt flächenreichere Krystalle, als die durch Sublimation entstandenen und von Des Cloizeaux untersuchten, aus einer mit Natronseife versetzten alkoholischen Lösung.

Trigonal-trapezoëdrisch. $a : c = 1,6851$.

Beob. Formen: {0001}, {10$\bar{1}$1}, {01$\bar{1}$1}, {10$\bar{1}$8}, {11$\bar{2}$2}, {10$\bar{1}$0}, {11$\bar{2}$0}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(10$\bar{1}$1):(0001)	= *62° 48′	—
(10$\bar{1}$1):(01$\bar{1}$1)	52 38	52° 48½′
(10$\bar{1}$1):(11$\bar{2}$2)	26 43	26 24¼
(10$\bar{1}$8):(0001)	13 20	13 14½

Doppelbr. —. Circularpolarisation s. diese Zeitschr. **28**, 583.

Ref.: P. Groth.

14. F. Stöber (in Strassburg i. E.): **Aragonit von Markirch und Framont** (Mitth. d. geol. Landesanst. von Elsass-Lothringen 1894, **4**, 113).

Aus den alten Gruben von Markirch stammende Stücke zeigten kleine nadelförmige Kryställchen auf Fahlerz oder auf pseudomorphen (nach Braunspath)

Limonit, ferner fasrige Krusten und sogenannte Eisenblüthe. In einer neuerdings aufgeräumten Grube konnte eine recente Bildung des Minerals constatirt werden.

Die Aragonitkrystalle von Framont sind meist auf Rotheisenstein oder auf, letzteren bedeckenden Kalk, Limonit oder Braunspath aufgewachsen und zeigen den gewöhnlichen spiessigen Habitus. Es wurden folgende Formen bestimmt:

{881} mit einer Reihe vicinaler Pyramiden eine gestreifte Flächengruppe bildend, ebenso gestreifte steile Brachydomen, etwa {081} bis {0.11.1}; untergeordnet, aber mit ebenen Flächen: {011}, {012}, {021}, {111}, *{572}, *{231}, {132}, *{341}, *{8.11.3}, endlich eine Reihe anderer Vicinalflächen, welche sehr complicirten Symbolen entsprechen. Die sicher bestimmten neuen Formen (*) lieferten u. a. folgende Messungen:

	Beobachtet:	Berechnet[1]):
(572 (0 1) =	54° 53′	54° 49′
(572 ($0\bar{1}1$)	99 40	99 35
(572 (1 1)	23 11	23 10
(23 (0 1)	51 26	51 20
(23 ($0\bar{1}1$)	97 8	97 48
(34 (1 1)	24 28	24 47
(341 ($\bar{1}$ 1)	96 26	96 55
(8.11.3 :(011)	55 22	55 44
(8.11.3 :($0\bar{1}1$)	99 46	100 4
(8.11.3):(010)	7 54	7 35

Sämmtliche Krystalle zeigten Zwillingsbildung nach dem gewöhnlichen Gesetze des Aragonit.

Ref.: P. Groth.

15. A. Leuze (in Stuttgart): **Mineralogische Notizen** (Ber. üb. d. 27. Versamml. d. Oberrhein. geol. Vereins, Stuttg. 1894, 81).

Dolomit von Dissentis (vergl. diese Zeitschr. 17, 223). Zwillingslamellen nach {$02\bar{2}1$}, meist nur nach einer Fläche dieser Form, liessen sich durch Absonderung deutlich nachweisen. Eine Zwillingsbildung nach einer Fläche derselben Form, aber nicht eine eingewachsene dünne Lamelle, sondern eine aufgewachsene Tafel, wurde auch an einem Calcit von Auerbach in Hessen beobachtet.

Markasit in der Form des Speerkies, zuweilen auch zwei Zwillinge nach (110) nahe rechtwinkelig (vielleicht nach (011)) verwachsen, mit Pyrit, welcher älter ist, ferner mit Baryt, Bleiglanz, Zinkblende und Zinkspath in Keuperkohle von Mittelbronn bei Gaildorf in Württemberg.

Ref.: P. Groth.

16. J. H. L. Vogt (in Christiania): **Ueber die Kieslagerstätten vom Typus Röros, Vigsnäs, Sulitelma in Norwegen und Rammelsberg in Deutschland** (Zeitschr. f. prakt. Geol. 1894, 41, 117, 173).

Die bekannte Lagerstätte des Rammelsberges am Harze steht mineralogisch und geologisch den norwegischen Kiesvorkommen vom Typus Röros u. s. w. sehr nahe, und zu derselben genetischen Gruppe gehören auch die Lagerstätten von Kafveltorp und Fahlun in Schweden, wahrscheinlich auch die grossartigen

1) Axenverhältniss des Verfs.: $a : b : c = 0,6625 : 1 : 0,7198$.

spanischen und portugiesischen »Huelva«-Vorkommen u. a. Unter den Erzen herrscht Pyrit vor (Krystalle nur {100} oder {100} {111}), vereinzelt durch Magnetkies vertreten, beide mit niedrigem Nickel- und Kobaltgehalte; daneben stets Kupferkies in wechselnder Menge. Häufig tritt Zinkblende, selten vorherrschend, hinzu, seltener Bleiglanz mit im Allgemeinen niedrigem Silbergehalte. Nur an einzelnen Vorkommen finden sich: Buntkupfererz (Huglerö bei Vigsnäs), Cuban (Kafveltorp), Fahlerz (Röros), Arsenkies, Magnetit und als secundäre Bildung metallisches Kupfer. Von nichtmetallischen Mineralien sind in den norwegischen Lagerstätten vorhanden: Quarz in oft sehr grosser Menge, dunkelgrüne Hornblende und Strahlstein, Glimmer, besonders Biotit, Granat oft reichlich, Chlorit und Talk, an einzelnen Epidot, Zoisit, Titanit, Albit u. a. Feldspäthe, ferner Calcit und vereinzelt Disthen und Turmalin. Für Kafveltorp ist charakteristisch das Vorkommen von Chondrodit, dunklem Augit und hellgrünem Diopsid, Fluorit, Pleonast etc., besonders reichlich Magnesiasilicate. Im Rammelsberge endlich ist Baryt reichlich vorhanden, welcher den anderen Vorkommen fehlt.

An den zahlreichen, hierher gehörigen norwegischen Vorkommen, welche in vier verschiedenen, von einander entfernten Districten liegen, befinden sich die Erzlager in regional-metamorphosirten Schiefern in der Nähe von intrusiven Saussuritgabbromassen, an einer Stelle sogar innerhalb des Eruptivgesteines auf Gleit- oder Auswalzungsflächen. Die Lagerstätte des Rammelsberges liegt zwar in nicht-metamorphen Schiefern, ähnelt aber den norwegischen in vielen geologischen Beziehungen, besonders dem Auftreten von Gleitflächen und Verruschelungszonen im Liegenden und Hangenden, und liegt nicht zu entfernt von den Eruptivmassen bei Oker und im Radauthal. Der Verf. betrachtet daher die Kiese aller dieser Lager als später eingedrungene Massen, deren Bildung in genetischer Beziehung zu der Intrusion der Eruptivgesteine steht.

Ref.: P. Groth.

17. **J. H. L. Vogt** (in Christiania): **Beiträge zur genetischen Classification der durch magmatische Differentiationsprocesse und der durch Pneumatolyse entstandenen Erzvorkommen** (Zeitschr. f. prakt. Geol. 1894, 381).

Im Anschluss an seine frühere, hier weiter ausgeführte Arbeit über Bildung von Erzlagerstätten als basische Ausscheidungen von Eruptivgesteinen (s. diese Zeitschr. **25**, 428) geht der Verf. in vorliegender Publication besonders auf die Genesis der Chromeisenerz-Lagerstätten ein. Diese finden sich stets in Peridotiten oder daraus entstandenen Serpentinen, welche einen merklichen Chromoxydgehalt besitzen, während Titansäure, Phosphorsäure, Schwefel und Zirkonerde fehlen. Chromit und Chromspinell sind die in einem solchen Magma zuerst ausgeschiedenen Mineralien. Die Chromitconcentrationen sind theils in dem Eruptivgestein in zahlreichen Ausscheidungen erstarrt, theils haben sie gang- oder schlierenförmig das umgebende Gestein durchsetzt.

Zu den analogen Ausscheidungen aus eruptiven Magmen gehören ferner die Platinmetalle, der Awaruit des neuseeländischen Peridotits und das Eisen der grönländischen Basalte (Disko).

Ref.: P. Groth.

18. **Bodenbender** (in Córdoba, Argentinien): **Wolfram von Argentinien** (Ebenda 409).

Bei Sauce, Dep. Calamuchita, nahe dem Kamm der Sierra von Córdoba, treten im Granit und im benachbarten Gneiss Quarzgänge auf, welche Apatit,

Wolframit, Kupferkies und dessen Zersetzungsproducte, Molybdänglanz, Fluorit, Scheelit, endlich Glimmer und Chlorit führen. Die Analyse des Wolframit ergab: WO_3 74,86, Nb_2O_5 1,22, FeO 13,45, MnO 11,02 (100,55), entsprechend Fe : Mn = 4 : 3.

Ref.: P. Groth.

19. J. H. L. Vogt (in Christiania): **Ueber die durch pneumatolytische Processe an Granit gebundenen Mineralneubildungen** (Zeitschr. f. prakt. Geol. 1894, 458).

Solche sind: die Zinnerzgänge ohne oder mit sulfidischen Kupfererzen, Gänge mit letzteren ohne Zinnstein (z. B. Telemarken, wo die Kupfererze zuweilen von Wismuth, Uranpecherz, Fluorit und Turmalin begleitet werden), viele Vorkommen von Turmalin, Axinit, Datolith, Danburit, Flussspath, die Kryolith-Lagerstätten von Grönland und Colorado, endlich auch einige Eisenerzvorkommen (Christiania, Pitkäranta).

Ref.: P. Groth.

20. H. Behrens (in Delft, Holland): **Das mikroskopische Gefüge der Metalle und Legirungen** (Hamburg und Leipzig 1894, 170 SS. u. 16 Taf.).

Die Krystallbildung beim Erstarren der Metalle bedingt, namentlich bei den Edelmetallen und deren Legirungen, ein Relief, welches ohne besondere Vorbereitung mikroskopische Beobachtung gestattet. So zeigen grössere vor dem Löthrohre erhaltene Körner von Gold deutliche Würfelecken, kleinere und Legirungen mit Silber fiederförmige Krystallaggregate. Gerippe von Hexaëdern erhält man von Silber, wenn man es in eine Vertiefung in Holzkohle giesst, an den Seiten und der Unterfläche. Oberflächen mit deutlichem krystallinischen Gefüge liefern Zinn, Cadmium, Zink und Blei durch Giessen des nicht überhitzten Metalls in ein ev. vorher angekohltes Pappkästchen. Bei Kupferlegirungen empfiehlt sich Schmelzen und Erstarrenlassen unter einer schützenden Hülle von Cyankalium, sowie Auflösen in Blei bei heller Rothgluth. Auch polirte Flächen können durch Erhitzen unter dem Schmelzpunkte krystallinisch werden.

Gefüge und namentlich Zusammensetzung aus zweierlei Substanzen (Beimengungen, ungleich zusammengesetzte Legirungen von verschiedenem Schmelzpunkte) lassen sich auf Schliffflächen erkennen, welche entweder auf Relief geschliffen oder polirt und dann geätzt oder angelassen werden.

Die Beobachtung geschieht entweder durch Schrägstellung der Objecte oder mit einer von Beck construirten und von Seibert ausgeführten Beleuchtungsvorrichtung. Dieselbe kann mit einer Bestimmung der Härte verbunden werden, zu welcher der Verf. eine Anzahl feiner Spitzen aus verschiedenen Metallen und Legirungen benutzt, mit denen unter dem Mikroskope die betreffende Fläche geritzt wird.

Die Vorgänge während des Erstarrens von Legirungen, die Beobachtung einer ausgesaigerten, leichter schmelzbaren Legirung zwischen Krystallen einer schwerer schmelzbaren, Aenderungen der Härte und Krystallform bei einem gewissen Verhältniss der Metalle u. a. deuten auf die Existenz bestimmter chemischer Verbindungen in der Mischungsreihe zweier Metalle hin. So scheint eine regulär krystallisirende Verbindung $AgZn$ zu existiren, deren 3 mm lange dendritische Krystallgebilde sich aus einer Lösung von Silber in überschüssigem Zink bei langsamer Erstarrung ausscheiden, und welche sich durch geringere Dehnbarkeit von den silberreicheren Legirungen unterscheidet, die entweder in kleineren Dendriten oder sehr fein krystallinisch erstarren; die Analyse der mit

verdünnter Schwefelsäure möglichst isolirten Krystalle (wahrscheinlich an einander gereihte Oktaëder) gab annähernd die obige Formel. Einige Versuche mit Silberzinnlegirungen ergaben: Ag_6Sn reguläre, rechtwinkelig gestrickte Aggregate, Ag_4Sn (erstes Härtemaximum) hexagonale Sterne, Ag_3Sn theils recht-, theils schiefwinkelige reguläre Wachsthumsformen, Ag_2Sn (zweites Härtemaximum) trigonale und hexagonale Täfelchen, $AgSn$ zu Dendriten zusammengehäufte sechsseitige Täfelchen, Ag_2Sn_3 dreiseitige Tafeln oder breite sechsseitige Sterne, $AgSn_2$ den letzteren ähnliche Gebilde oder Nadelnaggregate. Von diesen Legirungen, deren erstere vier homogen erstarrten, während die letzteren merkliche Ausscheidungen einer weicheren Mutterlauge zeigten, ist Ag_4Sn wohl am wahrscheinlichsten eine bestimmte Verbindung.

Das Gefüge gegossenen Aluminiums deutet auf das reguläre System hin; eine Legirung, ungefähr der Formel Ag_2Al entsprechend, ist feinkrystallinisch, fast homogen und wird weder von Salpetersäure, noch von Kalilauge merklich angegriffen.

Von Zinn erhält man durch Giessen an der Oberfläche anscheinend quadratische Plättchen; an der Unterseite derselben und in Hohlräumen beobachtet man dachziegelförmig zusammengehäufte trigonale und hexagonale Schuppen; um beiderlei Formen auf einander zu beziehen, vermuthet der Verf., dass erstere würfelähnliche Rhomboëder seien. Zinnbleilegirungen scheinen regulär zu krystallisiren; bei geringem Gehalte an Blei scheidet sich dieses zwischen den Fugen der Zinnkrystalle aus. Zinn mit 10 % *Cd* oder *Hg* bildet ziemlich grosse, schuppig zusammengesetzte hexagonale Pyramiden.

Reines Cadmium liefert gegossen sechsstrahlige Rosetten und hexagonale Tafeln mit rhomboëdrischer Streifung.

Von Zink wurden zuweilen gut begrenzte, sechsseitige Plättchen erhalten; ausser der basischen wurde auch rhomboëdrische Spaltbarkeit beobachtet. Mit 10 % *Sn* krystallisirt das Metall leicht in dreiseitigen Prismen mit Rhomboëder und Basis.

Blei zeigt meist Dendriten, selten deutliche Würfel. Aus Antimonlegirungen scheiden sich härtere Oktaëder, welche nach dem Würfel spalten, in einer weicheren Grundmasse aus, ebenso aus Letternmetall (60 % *Pb*, 25 *Sb*, 15 *Sn*). Die ungefähr nach der Formel Bi_2Pb zusammengesetzte Legirung krystallisirt leicht in schönen sechsstrahligen Rosetten, vielleicht reines Wismuth in bleireicher Mutterlauge. Von anderen Wismuthlegirungen zeigt *BiSn* breite spiegelnde Spaltungsflächen mit Riefungen unter 120°, die übrigen erstarren inhomogen.

Kupfer, in eine Form aus Kohle gegossen, zeigt an der Unterseite treppenartige Aggregate sehr kleiner Hexaëder. Die Legirungen mit Zinn (Bronzen) lassen auf den Schliffflächen einen kupferreicheren und einen zinnreicheren Gemengtheil erkennen. Bei geringem Zinngehalte herrschen die rothen kupferreichen Krystalle vor, und die weisse, leichtflüssige Bronze füllt deren Zwischenräume aus; der Unterschied beider tritt besonders beim Anlaufenlassen durch die schönen Farben der ersteren hervor; nimmt man die dünne oxydirte Oberflächenschicht durch schwache Säure weg, so treten sehr scharfe Aetz- oder richtiger Brennfiguren auf. Beim Glühen werden die rothen Kryst[illegible]
zwischen ihnen ausgeschiedenen zinnreicheren Legirung ange[illegible]
schliesslich letztere anscheinend vorherrscht. Bei 25 % *Sn* [illegible]
der Legirung in Weisslichgrau, das Gefüge besteht aus fein[illegible]
scheinend geringer Zwischensubstanz; die Härte ist ca. 4, [illegible]

fähigkeit gegen Säuren sehr gross geworden. Der harte Bestandtheil der weissen Bronze (Spiegelmetall) scheint eine, der oben erwähnten Silberverbindung analoge, bestimmte Verbindung Cu_4Sn zu sein, ausgezeichnet durch Härte, Politurfähigkeit und Sprödigkeit [1]). Durch Schmelzen der in diesem Verhältnisse zusammengesetzten Legirung unter Cyankalium gelang es, dieselbe in gut ausgebildeten Rhomboëdern mit Basis zu erhalten. Die an Zinn reicheren Bronzen zeigen im Allgemeinen Analogie mit entsprechenden Silberzinnlegirungen, scheinen aber meist beim Erstarren in mehrere Legirungen von verschiedener Zusammensetzung zu zerfallen und zeigen ein blättriges Gefüge, welches auf Krystalle eines schiefwinkligen Axensystems hindeutet.

Von den Legirungen des Kupfers mit Zink besitzen die kupferreichsten das Gefüge von oxydulhaltigem Kupfer (deutliche Würfel mit geringer Zwischensubstanz); mit höherem Zinkgehalte nimmt die Zwischensubstanz zu, und diese nähert sich in ihren Eigenschaften den eingelagerten Krystallen. Die Schmiedbarkeit von Messing bei Rothgluth kommt wahrscheinlich der Legirung $CuZn$ zu, die grösste Härte dagegen der Legirung $CuZn_2$ [2]), welche grau und äusserst feinkrystallinisch ist. Homogen scheint endlich noch eine Legirung $CuZn_4$ zu erstarren, deren Gefüge auf reguläre Krystallform gedeutet werden kann.

Kupfer-Aluminiumlegirungen mit wenig *Al* zeigen die Formen des Kupfers; die *Al*-reicheren zeigen keine deutliche Krystallisation und sind wahrscheinlich nicht homogen; doch scheint eine regulär krystallisirende Verbindung Al_3Cu_2 mit grösserer Härte und Sprödigkeit zu existiren.

Kupfersilicium von der Zusammensetzung Cu_4Si bildet ein Gemenge gelblichweisser prismatischer Kryställchen, Härte 4, mit grauen, dem Graphit ähnlichen, vielleicht oktaëdrischen Krystallen, deren Härte über 6 und welche sich als Silicium erwiesen. Inhomogen sind auch die harten, Silicium enthaltenden Bronzen.

Eisen und dessen Legirungen. Ausser freiem Graphit enthalten die verschiedenen untersuchten Eisensorten den gebundenen Kohlenstoff ungleichmässig vertheilt; Cementstahl, krystallisirter Schmelzstahl, Ferrochrom und Ferrowolfram enthalten eine spröde, glänzende, fast silberweisse Substanz (wahrscheinlich ein Carbid, s. das nächste Referat) von grosser Härte und Widerstandsfähigkeit gegen Aetzung, welche in prismatischen Formen oder blättrig auftritt. Im Spiegeleisen wurde dieselbe in langgestreckten Sechsecken beobachtet, deren spitzer Winkel 64°—76° betrug, mit einer diesen Winkel halbirenden, glänzenden Mittelrippe; Durchkreuzungszwillinge unter 60°—62°; darnach scheinen die Krystalle rhombisch zu sein. Der weichere, leicht lösliche Bestandtheil ist in manchen Spiegeleisen zuerst krystallisirt und zeigt dann sehr deutliche reguläre Wachsthumsformen (rechtwinkelige Kreuze). In einem Ferrowolfram wurden indess auch von dem harten Carbid anscheinend kubische Krystalle beobachtet, während dasselbe im Ferrochrom Bündel von Stäbchen bildet, welche unvollkommenen Salpeterkrystallen ähneln. Im Ferromangan finden sich auf Drusenräumen kleine monokline (?) Prismen. Ferroaluminium bildet rechtwinkelige Dendriten, ähnlich kupferreicher Bronze.

Die Beobachtungen an gehärtetem Stahl scheinen dem Verf. dafür zu sprechen, dass beim Härten eine Ausgleichung des Kohlenstoffgehaltes zwischen den

---

1) H. Le Chatelier (Compt. rend. 1895, **120**, 835) isolirte durch Salzsäure, in welcher sie nicht löslich sind, weisse Krystalllamellen von der Zusammensetzung Cu_3Sn.

2) Eine Verbindung von dieser Zusammensetzung erhielt auch Le Chatelier (l. c. 836) in weissen, nadelförmigen Krystallen. Der Ref.

verschiedenen Carbiden eintritt, welche bei langsamem Erkalten wieder rückgängig wird, durch rasches Abkühlen aber fixirt werden kann.

Ref.: P. Groth.

21. H. Behrens und **A. R. van Linge** (in Delft): **Ueber Cementstahl, Ferrochrom, Ferrowolfram, Chromstahl und Wolframstahl** (Recueil d. travaux chimiques d. Pays-bas 1894, 13, 155—181, m. 1 Taf.).

Diese Arbeit bildet in gewissem Sinne eine Ergänzung zu dem letzten Abschnitte der in vor. Nr. referirten Schrift. Die Verff. isolirten chemisch (mit Schwefelsäure) und mechanisch die dort erwähnten Krystalle des harten Carbids aus Cementstahl und fanden darin 6,6 % C; nach ihrer Ansicht sind dieselben erst beim Processe der Cementirung in dem weichen Eisen von kubischem Gefüge entstanden. Die angegebene Zusammensetzung, mit derjenigen des weissen Spiegeleisens übereinstimmend, entspricht ungefähr der Formel Fe_3C, doch könnte auch ein Theil des Kohlenstoffs in freiem Zustande vorhanden und die Formel der Verbindung Fe_4C sein; der geringe Phosphorgehalt des Cementstahles scheint vollständig in diesem Carbid concentrirt zu sein. Im Ferrowolfram erwies sich die in der gleichen Weise isolirte harte Substanz als eine in schönen regulären Oktaëdern krystallisirende Verbindung Fe_2W mit einem sehr geringen und daher nicht wesentlich dazu gehörigen Kohlenstoffgehalte. Die Untersuchung des Ferrochroms ergab dagegen eine in Nadeln oder verlängerten Täfelchen krystallisirende Substanz von der Zusammensetzung Cr_2FeC_2 (C gef. 10,4, ber. 10,15) und der höchsten an einem metallischen Körper beobachteten Härte $7\frac{1}{2}$. Auch im Chromstahl enthalten die ähnlichen, meist kleineren prismatischen Krystalle mehr Chrom, als die weichere Grundmasse.

Ref.: P. Groth.

22. F. Osmond (in Paris): **Mikroskopische Untersuchung des Stahls** (Compt. rend. 1894, 118, 807; 119, 329. Ausführl. u. d. T.: Méthode générale pour l'analyse micrographique des aciers au carbone. Bull. soc. d'encour. p. l'ind. nat. Paris, Mai 1895 (4), No. 113. Mit 4 Lichtdrucktafeln).

Während der Abkühlung kohlenstoffhaltigen Stahles tritt dreimal eine Wärmeentwickelung auf. Nach dem Verf. bezeichnet der Punkt der letzten derselben eine Aenderung in der Verbindung des Kohlenstoffs, während die beiden ersteren (in höherer Temperatur erfolgenden) Wärmetönungen einer Umwandlung des Eisens selbst in eine andere Modification entsprechen [1]). Diese Umwandlungen sind mit einer Aenderung der Härte und der Structur verbunden, deren mikroskopisches Studium besonders durch geeignete, vom Verf. näher beschriebene Arten der Politur erleichtert wird. Diese Verfahren, sowie die von Behrens in seiner S. 534 f. referirten Schrift angegebenen, dürften ebenso für das Studium der Structur des Meteoreisens von Wichtigkeit sein (vergl. auch E. Cohen, Meteoritenkunde, Stuttg. 1894, 1, 27). Zur Erzielung eines Reliefs polirt man auf Pergament mit sehr wenig des feinsten Englischroth oder mit gefälltem Calciumsulfat. Die Beobachtung geschieht am besten mit dem auch von Behrens benutzten Beck'schen Beleuchter, dessen Oeffnung man durch ein Diaphragma einengt; stellt man das Mikroskop anfangs etwas tiefer, als die scharfe Einstellung, und hebt es langsam, so sieht man anfangs die härteren, vorspringenden Bestand-

---

1) Osmond, Transformations du fer et du carbone dans les fers, les aciers et les fontes blanches. Paris 1888.

theile des Metallgemenges hell auf dunklem Grunde, dann umgekehrt. Fügt man beim Poliren sehr verdünntes wässeriges Ammon oder einen Aufguss von Cocowurzel hinzu, so treten die verschiedenen Bestandtheile in manchen Fällen noch deutlicher durch verschiedene Anlauffarben hervor. Zum Aetzen der Flächen benutzt der Verf. besonders Jodtinctur und verdünnte Salpetersäure.

Derselbe unterscheidet mittelst der angegebenen Mittel im Stahl folgende Constituenten, deren Benennungen zum Theil allerdings sonst in ganz anderem Sinne gebraucht werden:

»Ferrit«, weiches Eisen von körniger Textur;

»Cementit«, das in blättrigen Krystallen eingelagerte harte Carbid, wahrscheinlich Fe_3C (s. S. 537);

»Sorbit«, Howe's »Perlit«, aus blättrigen, abwechselnden Lagen einer härteren und einer weicheren Substanz bestehend, welche sich jedoch von den beiden ersteren durch die Annahme von Anlauffarben unterscheiden und wahrscheinlich ebenfalls Kohlenstoff enthalten;

»Martensit«, nadelförmige Krystalliten, deren Form der Verf. für die einer der allotropischen Modificationen des Eisens selbst hält;

»Troostit«, eine sehr feinkörnige, fast amorphe Masse, welche zwischen Martensit und Ferrit eingelagert vorkommt und sich unter gleichen Umständen langsamer mit Anlauffarben überzieht, als der Sorbit, während Ferrit und Cementit bei dem angegebenen Verfahren keine Farben zeigen.

Was die chemische Natur des »Sorbit«, »Martensit« und »Troostit« betrifft, so betrachtet sie der Verf. als erstarrte Lösungen verschiedener Formen des Kohlenstoffs in verschiedenen Modificationen des Eisens, welche durch Abnahme des Kohlenstoffs allmähliche Uebergänge zum »Ferrit« darbieten. Von den drei Modificationen des reinen Eisens, deren reversible Umwandlungen bei 700°—750° resp. 855°—860° stattfinden, ist nur die der niedrigsten Temperatur, α, ihrer Structur nach bekannt, da zur Erhaltung der Structur der anderen unter 700° ein Gehalt an Kohlenstoff erforderlich zu sein scheint; jene bildet ein Aggregat von mehr oder weniger fest an einander haftenden Globuliten, deren Contactflächen unregelmässige Polyëder bilden. Die Formen des Martensit hält der Verf. für diejenigen des γ-Eisens (Modification des höchsten Temperaturintervalls), bei deren Bildung der Kohlenstoff nur die Rolle eines »agent minéralisateur« spielt. Der Cementit ist es, welcher beim Erhitzen seinen Kohlenstoff an das umgebende Eisen abgiebt, während Sorbit und Troostit die Uebergangsstadien zwischen jenem und dem Ferrit bilden.

Ref.: P. Groth.

28. H. Moissan (in Paris): **Darstellung des Graphit** (Compt. rend. 1895, **120**, 17).

Durch sehr hohe Temperaturen, wie sie im elektrischen Ofen erzeugt werden, kann jede Art des Kohlenstoffs in Graphit umgewandelt werden. Findet die Bildung des letzteren nur durch hohe Temperatur statt, sei es durch Umwandlung aus Diamant oder Russ, sei es durch Condensation verdampften Kohlenstoffs, so zeigt derselbe beim Erwärmen mit Salpetersäure keinerlei Aufblähen. Dagegen erhält man stets sich aufblähenden Graphit durch Ausscheidung des Kohlenstoffs aus einer Lösung in irgend einem geschmolzenen Metall. Der Verf. schliesst hieraus, dass die in der Natur vorkommenden Graphite, welche diese Erscheinung zeigen (d. s. die ächten Graphite Luzi's s. diese Zeitschr. **24**, **639**), in sehr hoher Temperatur, aber unter mässigem Drucke, in einem Eisenmagma entstanden

seien, welches später durch chemische Agentien, denen gegenüber der Graphit äusserst widerstandsfähig ist, entfernt worden sei. Ref.: P. Groth.

24. A. Michel-Lévy (in Paris): **Ueber das Brechungsvermögen der pleochroïtischen Höfe** (Compt. rend. 1895, **120**, 278).

Nach der Methode von Becke (s. diese Zeitschr. **25**, 606) untersucht, zeigen stark gefärbte und deutlich umgrenzte Höfe ein stärkeres Brechungsvermögen. Besonders im Cordierit kann die Differenz der entsprechenden Brechungsindices im goldgelben Hofe eines Zirkonkrystalls und im unbeeinflussten Mineral mehr als eine Einheit der zweiten Decimale betragen; ebenso in Glimmern. Dagegen ist der Unterschied sehr gering in braunem Turmalin und in einem Cordierit von Tvedestrand mit eingeschlossenen Dumortieritkrystallen.

Ref.: P. Groth.

25. F. Wallerant (in Paris): **Ueber eine neue Ausbildung von Quarzkrystallen** (Ebenda 575).

Im Tertiär der Umgegend von Paris finden sich winzige, büschelförmig zusammengehäufte Quarzkryställchen, welche am ausgebildeten Ende statt der drei Flächen des negativen Rhomboëders je ein, aus zwei Prismenflächen treppenförmig aufgebautes Triëder zeigen. Die Untersuchung basischer Schliffe lehrt, dass die Krystalle nach Art des Amethyst aus alternirenden Lamellen von Rechts- und Linksquarz bestehen, und dass die den drei Triëdern entsprechenden Ecken die gleiche Drehung besitzen, wie die Mitte und die von dieser nach jenen Ecken hinlaufenden Arme eines dreistrahligen Sternes. Ref.: P. Groth.

26. A. Duboin (in Paris): **Fluorverbindungen und Silicate des Magnesiums** (Ebenda 678).

$MgF_2.KF$. Durch Eintragen von Magnesia in geschmolzenes Fluorkalium. Tetrag. Tafeln {001}, spaltb. {100}, Doppelbr. —. Spec. Gew. 2,8.

Durch Eintragen von 1 Th. MgO und 4 Th. SiO_2 in schmelzendes KF und dreitägige Rothgluth erhält man zwei Substanzen: 1) in kleiner Menge optisch zweiaxige Krystalle eines fluorhaltigen Silicates; 2) hexagonale Tafeln (Doppelbrechung —) von $Si_3O_8MgK_2$. Ref.: P. Groth.

27. L. Cayeux (in Paris): **Orthoklas in der Kreide des Pariser Beckens** (Ebenda 1068).

Höchstens 0,1 mm grosse, nach {001} oder {010} tafelige Orthoklaskryställchen finden sich in den Kreideschichten besonders häufig da, wo der Glaukonit zurücktritt. Sie unterscheiden sich ferner durch ihre Frische und die Schärfe ihrer Umrisse von den klastischen Bestandtheilen der Kreide (Quarz, Mikroklin, Zirkon, Turmalin, Rutil), so dass eine Entstehung derselben in situ anzunehmen ist.

Ref.: P. Groth.

28. A. Michel-Lévy (in Paris): **Beweis für die Richtigkeit des Tschermak'schen Mischungsgesetzes der Plagioklase nebst einem neuen Verfahren zur Orientirung und Bestimmung der Feldspäthe im Dünnschliff** (Ebenda 1895, **121**, 74).

Bekanntlich weisen zwei Durchschnitte schwach doppeltbrechender Mineralien, welche in sehr dünnem Schliff neben einander liegen, zwischen gekreuzten Nicols acht Stellungen gleicher Lichtintensität auf, von welchen vier je senkrecht auf einander stehen; eine dieser beiden Reihen ist ferner dadurch ausgezeichnet, dass auch die sich überlagernden Theile der beiden Mineralien gleiche Helligkeit besitzen. Wenn nun das Tschermak'sche Gesetz für die Mischungsreihe der Plagioklase gültig ist, so muss es für jeden Durchschnitt eines zonar gebauten Plagioklases, wie sie unter den Einsprenglingen der vulkanischen Gesteine so häufig sind, eine bestimmte Stellung geben, in welcher in Folge der gleichen Helligkeit aller Zonen, sowie der sich überlagernden Theile die Grenzen derselben verschwinden und der Krystall einheitlich erscheint. Diese Stellung kann man für jeden Pol aus den Curven, welche der Verf. früher gegeben hat, berechnen, wenn man gleichzeitig den Unterschieden der Doppelbrechung Rechnung trägt.

Ganz vollkommen trifft dies nun allerdings für die Plagioklase nicht zu, indem auf einem Schnitte nach {010} der Winkel, welchen die Stellung gleicher Helligkeit mit der Spur von {100} bildet, in der Reihe der basischen Plagioklase $+ 37^0$ beträgt, in derjenigen der sauren dagegen $+ 33^0$. Auch dann, wenn die Richtung gleicher Lichtintensität mit der Richtung der Auslöschung zusammenfällt, wobei natürlich die Unterschiede der Doppelbrechung nicht in Frage kommen, beträgt die Differenz zwischen beiden Theilen der Reihe noch 4^0—5^0.

Ferner folgt aus den Bestimmungen an Albit und Anorthit auf {010}, dass die Doppelbrechung der Plagioklase zwischen Oligoklas und Andesin ein Minimum von etwa 0,006 aufweisen muss. Auch für Schnitte senkrecht zur Zwillingsebene lässt sich die neue Bestimmungsmethode mit Nutzen anwenden; durch die Messung der Auslöschungsschiefe in dieser Zone kann man Albit und Oligoklas-Andesin nicht unterscheiden; die Stellung gleicher Lichtintensität in einem zonar gebauten Krystalle aber liegt für Oligoklas bis Albit stets nach derselben Seite von der Zwillingsgrenze wie die Auslöschungsrichtung, für Oligoklas bis Anorthit auf der entgegengesetzten.

Ferner giebt es auf der Curve gleicher Lichtintensität von Albit und Anorthit zwei Pole, welche auf der Curve gleichzeitiger Auslöschung liegen in demjenigen Theile, wo zwischen Albit und Anorthit keine intermediäre optische Axe vorhanden ist, und welche den Schnitten entsprechen, in denen gleiche Helligkeit aller Plagioklase gleichmässig in jeder beliebigen Stellung eintritt, also der zonare Aufbau überhaupt nicht beobachtet werden kann.

Ref.: E. Weinschenk.

29. A. Mourlot (in Paris): **Ueber krystallisirtes Mangansulfür** (Compt. rend. 1895, **121**, **202**).

Durch Schmelzen von amorphem *MnS* mit etwas Schwefel im elektrischen Ofen erhält man einfachbrechende, dunkelgrüne Würfel oder Oktaëder von Alabandin; spec. Gew. 3,92.

Ref.: P. Groth.

30. H. Moissan (in Paris): **Ueber einen Carbonado von Brasilien** (Ebenda 449).

Der grösste bisher gefundene schwarze Diamant, aus der Gegend von Lençoes, Prov. Bahia, wiegt 630 g und besitzt eine theils glatte, theils unebene und poröse Oberfläche.

Ref.: P. Groth.

81. H. Moissan (in Paris): **Studien über Graphit** (Compt. rend. 1895, **121**, 538, 540).

Ein Graphit, welcher in Quarz und Feldspath eines amerikanischen Pegmatit eingewachsen war, zeigte beim Erhitzen mit Salpetersäure starkes Aufblähen; wird derselbe, behufs der Oxydation zu Graphitsäure, mit Kaliumchlorat und Salpetersäure auf 60° erwärmt, so tritt eine Volumzunahme ein, wie bei keiner anderen Varietät. Graphit von Ceylon bläht sich weniger auf und liefert Graphitsäure ohne Rückstand einer anderen Form von Kohlenstoff. Dichter Graphit von Borrowdale in Cumberland bläht sich nicht auf und liefert ein blassgelbes Oxyd; in Folge eines Gehaltes an Gasen (Kohlenwasserstoffen etc.) decrepitirt er beim Erhitzen. Als ebenfalls aufblähend erwiesen sich Graphit von Ticonderonga und Greenville, während diese Erscheinung nicht zeigten: Graphit von Omesnack in Grönland (sehr unrein), von Mugrau und Schwarzbach in Böhmen und aus Süd-Australien.

Nach dem S. 538 erwähnten Verhalten des künstlich dargestellten Graphits können die letzteren Varietäten entstanden sein durch die Einwirkung einer hohen Temperatur auf amorphen Kohlenstoff.

Ref.: P. Groth.

82. P. Lebeau (in Paris): **Analyse von Beryll** (Ebenda 601). — Wenig gefärbte Krystallfragmente von Chanteloube bei Limoges ergaben:

Glühverlust	1,46	1,41
SiO_2	66,06	65,80
Al_2O_3	16,10	16,40
BeO	14,33	14,21
Fe_2O_3	1,20	0,90
Mn_3O_4	0,13	0,11
MgO	0,55	0,61
CaO	0,17	0,14
P_2O_5	0,11	0,09
Alkalien u. TiO_2	Spuren	Spuren
	100,11	99,67

Beim Pulverisiren Ozongeruch, von Fluor herrührend, welches in einer auf Spalten eingelagerten dunklen Substanz enthalten ist.

Ref.: P. Groth.

83. F. Wallerant (in Paris): **Ueber den optischen Isomorphismus der Feldspäthe** (Ebenda 740).

Der Verf. hat den Versuch gemacht, die optischen Constanten der Kalknatronfeldspäthe als Functionen derjenigen des Albit und Anorthit zu berechnen, und die Resultate mit den empirischen Fouqué's (s. diese Zeitschr. **26**, 300) verglichen, wobei es unentschieden bleibt, ob die gefundenen Differenzen durch den Mangel an Genauigkeit der Beobachtungen oder durch die zur Berechnung gewählte Formel verursacht sind. Sicher ist nur diejenige für den Winkel der optischen Axen, und nach dieser müsste — wenn keine Vertauschung der Elasticitätsaxen in der Mischungsreihe eintritt (welche mit optischer Einaxigkeit, die in der Plagioklasreihe nicht vorkommt, verbunden wäre) — nur eine Mischung mit dem Axenwinkel 90° existiren, während deren drei wirklich vorhanden sind. Hieraus schliesst der Verf., dass in optischer Beziehung keine eigentliche Iso-

morphie vorhanden sei, und dass die Moleküle von Albit und Anorthit chemische Verbindungen mit einander bilden (vgl. übrigens die Bemerkungen Fedorow's, diese Zeitschr. 27, 337 f., bes. S. 373 und 388).

Ref.: P. Groth.

84. E. Mallard († in Paris): **Ueber Alstonit und Barytocalcit** (Bull. soc. franç. d. Min. 1895, 18, 7).

Da neuere Analysen des Alstonit, welche Le Châtelier auf Wunsch des Verfs. ausführte, zeigten, dass das Verhältniss von *Ba* : *Ca* sehr wenig schwankt, und die Formel des Minerals nahezu mit der des Barytocalcit übereinstimmt, unternahm der Verf. eine Bestimmung der Brechungsindices beider Substanzen, um sie mit denjenigen des Aragonit und des Witherit zu vergleichen. Für den Witherit, dessen Brechungsindices ebenfalls noch nicht gemessen wurden, ergab sich mit Hilfe zweier Prismen $\alpha = 1,5295$ resp. $1,5290$ und das Mittel von β und γ (auf Grund verwaschener, fast zusammenfallender Bilder) $= 1,6765$; daraus mit Hinzunahme von $2E = 26^0 24'$:

$$\alpha = 1,529, \quad \beta = 1,676, \quad \gamma = 1,677 \text{ f. } Na\text{-Licht.}$$

Alstonit. Die pseudohexagonalen Pyramiden haben eine sehr verschiedene Ausbildung: entweder bilden die den Höhenlinien der Flächen parallelen Zwillingsnäthe einen ausspringenden Winkel von $1^0 30'$, und der Winkel der Polkanten ist 54^0; oder der letztere beträgt $57^0 30'$, während an den Zwillingsgrenzen ein sehr kleiner, einspringender Winkel vorhanden ist; oder endlich die Pyramidenflächen fallen nahe zusammen, und die Polkanten messen abwechselnd 54^0 und $57^0 30'$. Hieraus würde ein Prismenwinkel von $60^0 51'$ folgen, statt 59^0 (Des Cloizeaux), also ebenfalls noch nicht zwischen denen des Aragonit und Witherit gelegen.

Brechungsindices für *Na*-Licht, mit einem von zwei Pyramidenflächen und einem von zwei künstlichen Prismenflächen gebildeten Prisma bestimmt:

$$\alpha = 1,526 \text{ resp. } 1,525$$
$$\text{Mittel von } \beta \text{ und } \gamma = 1,670 \quad - \quad 1,676.$$

Barytocalcit. Hier konnten die Brechungsindices besser bestimmt werden; mehrere Prismen lieferten im Mittel:

$$\alpha = 1,525, \quad \beta = 1,684, \quad \gamma = 1,686 \text{ für } Na\text{-Licht.}$$

Vergleicht man die gefundenen Werthe mit denen des Aragonit und Witherit, so ergiebt sich, dass die Brechungsindices weder vom Alstonit noch vom Barytocalcit in der Mitte zwischen denen der beiden erstgenannten Mineralien liegen, ja dass sogar die des Alstonit, sowie auch dessen spec. Gew., hiervon noch mehr abweichen. Der Barytocalcit, dessen drei Spaltungsebenen gleichsam ein Pseudorhomboëder mit den Winkeln $73^0 6'$ resp. $77^0 6'$ bilden, zeigt auch optisch eine gewisse Analogie mit dem Calcit, indem er einen kleinen Axenwinkel besitzt, dessen Mittellinie fast genau dieselbe Lage hat, wie die optische Axe im Kalkspathrhomboëder.

Am Schlusse macht der Verf. auf einen Fehler in Buchrucker's Bestimmung der Brechungsindices des Strontianit (diese Zeitschr. 19, 151) aufmerksam, für welche daselbst die Werthe (f. *Na*):

$$\alpha = 1,515, \quad \beta = 1,516, \quad \gamma = 1,667$$

angegeben sind, denen zu Folge das Mineral positiv wäre. Mallard fand dagegen folgende Werthe:

$$\alpha = 1,518\,, \quad \beta = 1,664\,, \quad \gamma = 1,665\,.$$

Messungen an Buchrucker's Originalprismen, welche Hr. Zirngiebl ausführte, ergaben genau die gleichen Zahlen, wie sie früher gefunden wurden (abgesehen von einem Druckfehler); es zeigte sich jedoch, dass bei der Benutzung derselben eine Verwechselung stattgefunden hatte. Das zweite Prisma (s. l. c.), dessen brechende Kante der a-Axe parallel ist, liefert nicht β und γ, sondern α und β, daher sich die Zahlen der zweiten Reihe in der Anmerkung nicht auf γ, sondern auf β beziehen, während die im Text angegebenen Werthe von β nur eine zweite Messungsreihe von α darstellen, und die dritte Columne durch die in der Anmerkung zuerst stehenden Zahlen ersetzt werden muss. Die corrigirten Werthe der Brechungsindices nach den Messungen von Buchrucker sind daher die folgenden, welche von denen Mallard's nur in Bezug auf α merklich abweichen:

	α (Mittel):	β	γ
Li-Licht =	1,5145	1,657	1,659
Na -	1,5155	1,664	1,666
Tl -	1,5195	1,672	?

Die mit Hilfe von obigen Werthen für β aus den scheinbaren Axenwinkeln berechneten wahren betragen:

$2V_a$ für *Li*-Licht =	6° 20′
- - *Na* -	6 22
- - *Tl* -	6 30

Ref.: P. Groth.

85. H. Goguel (in Bordeaux): **Ueber die Krystallform des Formopyrin und seiner Verbindungen** (Bull. soc. franç. d. Min. 1895, 18, 27).

Das Formopyrin ist eine von Marcourt dargestellte Verbindung von 1 Mol. Antipyrin und 1 Mol. Formaldehyd und bildet mit Säuren Salze.

Formopyrin $C_{12}H_{14}N_2O_2$.

Monoklin. $a : b : c = 0,8316 : 1 : 0,7865\,;\ \beta = 94^0\,1'$.

Grosse wasserhelle gestreifte Tafeln nach (001) mit den Randflächen {111}, {11$\bar{1}$}, {110}, untergeordnet {010}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(1$\bar{1}$0) =	*79° 20′	—
(11$\bar{1}$):(110)	*40 21	—
(11$\bar{1}$):(010)	*59 25	—
(111):(110)	37 34	37° 31′
(110):(001)	86 41	86 34

Eine der optischen Axen genau senkrecht zu (001).

Formopyrinchlorhydrat $C_{12}H_{15}N_2O_2Cl$.

Triklin. $a : b : c = 0,6038 : 1 : 1,4080$;

$\alpha = 81^0\,36'$, $\beta = 100^0\,28'$, $\gamma = 47^0\,45'$[1]).

1) Im Original ist die linke Seite der b-Axe positiv genommen und α und γ verwechselt.

Comb. {110}, {1$\bar{1}$0}, {001}, {11$\bar{1}$}, {100}, durch Vorherrschen von {110} und {1$\bar{1}$0} prismatisch oder nach {110} tafelartig. An der Luft rasch matt werdend.

	Beobachtet:	Berechnet:
(1$\bar{1}$0):(001) =	*78° 21′	—
(110):(001)	*65 57	—
(110):(11$\bar{1}$)	56 28	56° 11′
($\bar{1}\bar{1}$1):(001)	*57 52 [1]	—
(110):(1$\bar{1}$0)	*81 3	—
(1$\bar{1}$0):(100)	*26 32	—
(100):(0$\bar{1}$0)	—	44 44
(001):(0$\bar{1}$0)	—	68 23
(100):(001)	—	67 32

Formopyrinsulfat $(C_{12}H_{14}N_2O_2)_2SO_4H_2$.

Feine Nadeln mit 38°—40° Auslöschungsschiefe.

Formopyrinnitrat $(C_{12}H_{14}N_2O_2)_2NO_3H$.

Rhombische Nadeln, flach nach (100) oder (010); Ebene der optischen Axen (001), Doppelbr. —.

Formopyrinphosphat $C_{12}H_{14}N_2O_2.PO_4H_3$.

Feine Nadeln mit 28° Auslöschungsschiefe, nach der Längsrichtung optisch positiv.

Formopyrinoxalat $C_{12}H_{14}N_2O_2.C_2H_2O_4$.

Monokline Täfelchen nach {010}; Auslöschungsschiefe 5°—7° zur längeren Seite; Axenebene (010).

Ref.: P. Groth.

---

1) Im Original ist 59° 52′ angegeben.

XXIV. Noch ein Wort über die bedingte Rationalität einer dreizähligen Symmetrieaxe.

Von

V. de Souza-Brandão in Lissabon.

---

1. Mit dem letzten diesbezüglichen Hecht'schen Aufsatze (N. Jahrb. 1895, 2, 3. Heft[1])), welcher mich zur Anerkennung der Unrichtigkeit meiner Sache gezwungen hat, glaubte ich den Gegenstand vollständig erschöpft und die Erörterungen dahin abgeschlossen, dass der von B. Hecht vertheidigte Satz von der Existenz rationaler Complexe mit einer dreizähligen Symmetrieaxe, bei denen letztere keine mögliche Kante ist, als unbestreitbar erwiesen, während der entgegengesetzte Satz von der Nichtexistenz solcher Complexe von nun an als unrichtig gelten sollte.

Ehe ich nun auf den inzwischen in dieser Zeitschrift (26, 128) gemachten Versuch von G. Viola, den für unrichtig geltenden Satz aufrecht zu erhalten, übergehe, möchte ich noch einen möglichst elementaren Beweis des Hecht'schen Satzes, wie man ihn nennen kann, geben, welcher auch von jedem, mit der geometrisch-krystallographischen Lehre einigermassen bekannten Studirenden verstanden werden könnte.

Es werde als Fundamentalecke eine solche gewählt, deren Elemente — Flächen und (deshalb auch) Kanten — bezüglich der dreizähligen Symmetrieaxe gleichwerthig seien, was sie zu einer gleichflächigen und gleichkantigen, also regulären Ecke macht, deren geometrische Axe die Symmetrieaxe ist.

Das geometrische Gesetz gestattet zwar, mit einer beliebigen vierten Fläche e' einen rationalen Complex zu bilden. Die Symmetriebedingung aber beschränkt insofern diese Wahl, als der Complex noch eine fünfte und eine sechste Fläche aufnehmen muss, nämlich diejenigen zwei Flächen e''

---

1) Ref. im vor. Hefte dieser Zeitschr. S. 513.

und e''', welche mit e' bezüglich der Symmetrieaxe gleichwerthig sind und mit ihr (der Fläche e') eine reguläre Ecke bilden, deren geometrische Axe ebenso wie bei der Fundamentalecke die dreizählige Axe vertritt; und eine fünfte Fläche ist im Complex nicht mehr willkürlich, sondern muss dem Zonengesetze gehorchen. Die Anwendung dieses Gesetzes auf die Fläche e'' wird uns den gewünschten Beweis des Hecht'schen Satzes liefern.

Es seien

$$a_1 : a_2 : a_3$$

die Verhältnisse der Abschnitte, welche die zur Einheitsfläche gewählte Fläche e' auf den Fundamentalkanten π_1, π_2, π_3 resp. bestimmen; sie können durch directe Messung, wenn die Fläche e' aus dem Bündelmittelpunkte herausgerückt wird, oder durch die reciproken Werthe der Richtungscosinus ihrer Normalen bezüglich der Fundamentalkanten erhalten gedacht werden. Wie es auch sei, so viel ist bekannt, dass jene Verhältnisse bei gegebener Fundamentalecke die Richtung der Fläche e' vollständig und unzweideutig bestimmen.

Wegen der Symmetrie des Complexes werden dann die Verhältnisse der Abschnitte der Fläche e'', welche wir bezüglich e' uns so gelegen denken, wie die Fundamentalfläche $p_2 = (\pi_3 \pi_1)$ bezüglich $p_1 = (\pi_2 \pi_3)$,

$$a_3 : a_1 : a_2$$

sein, ihre Indicesverhältnisse also

$$\frac{a_1}{a_3} : \frac{a_2}{a_1} : \frac{a_3}{a_2} . \qquad (0)$$

Das Zonengesetz erfordert nun, dass diese Verhältnisse gleich rationalen Zahlen seien, oder, wenn r_1 und r_2 solche bedeuten:

$$\begin{aligned} \frac{a_1}{a_3} : \frac{a_2}{a_1} &= \frac{a_1^2}{a_2 a_3} = r_1 \\ \frac{a_2}{a_1} : \frac{a_3}{a_2} &= \frac{a_2^2}{a_3 a_1} = r_2 \\ \frac{a_3}{a_2} : \frac{a_1}{a_3} &= \frac{a_3^2}{a_1 a_2} = \frac{1}{r_1 r_2} . \end{aligned} \qquad (1)$$

Hieraus geht

$$a_1^3 : a_2^3 : a_3^3 = r_1 : r_2 : \frac{1}{r_1 r_2}$$

resp.

$$a_1 : a_2 : a_3 = \sqrt[3]{r_1} : \sqrt[3]{r_2} : \sqrt[3]{\frac{1}{r_1 r_2}} \qquad (2)$$

hervor.

Wie leicht zu sehen, ist dann auch die dritte Fläche e''' möglich, ebenso wie jedes weitere Tripel, dessen eine Fläche in dem durch p^1, p^2, p^3, e' bestimmten Complexe möglich ist.

Setzt man

$$\frac{1}{r_2} = r', \qquad r_1 r_2^2 = r_3 ,$$

so liefert (2)

$$a_1 : a_2 : a_3 = r' \sqrt[3]{r_3} : 1 : \sqrt[3]{\frac{1}{r_3}} .$$

Die Bedingung für das Bestehen eines dreizählig-symmetrischen rationalen Complexes lautet also, wenn das Axenverhältniss in der üblichen Form

$$\mathfrak{a}_1 : 1 : \mathfrak{a}_3$$

geschrieben wird:

$$\mathfrak{a}_1 = r' \sqrt[3]{r_3}, \qquad \mathfrak{a}_3 = \sqrt[3]{\frac{1}{r_3}}, \tag{3}$$

wo r' und r_3 beliebige rationale (ganze) Zahlen sein können. Dies ist in elementarer Form nur das, was B. Hecht (N. Jahrb. 1894, **1**, 278ff.) schon früher geschrieben hat.

Diese vier Flächen p^1, p^2, p^3, e' erzeugen einen rationalen Complex, und zwar — wenn, wie wir in der Folge immer annehmen werden, eine ganz bestimmte und unveränderliche Fundamentalecke zu Grunde gelegt wird, — einen anderen für jede vierte Fläche e', ausgenommen die Fälle, wo das Verhältniss der beiden, der Zahl r_3 analogen Zahlen gleich der dritten Potenz einer rationalen Zahl ist. In der That, gelten für die Fläche f' die (3) analogen Gleichungen

$$\mathfrak{b}_1 = s' \sqrt[3]{s_3}, \qquad \mathfrak{b}_3 = \sqrt[3]{\frac{1}{s_3}},$$

so sind e' und f' nur dann zugleich mit der angenommenen Fundamentalecke in einem und demselben Complex vereinbar, wenn

$$\frac{\mathfrak{a}_1}{\mathfrak{b}_1} = \frac{r'}{s'} \sqrt[3]{\frac{r_3}{s_3}}, \qquad \frac{\mathfrak{a}_3}{\mathfrak{b}_3} = \sqrt[3]{\frac{s_3}{r_3}} \tag{4}$$

rationale Zahlen sind, was nur im erwähnten Falle stattfinden kann.

Die Anzahl der, aus ein und derselben Fundamentalecke, abzuleitenden rationalen Complexe ist also eine unendlich grosse; diese Thatsache enthält insofern schon an und für sich den gewünschten Schluss, als der aus derselben Fundamentalecke abgeleitete Complex, welcher die Richtung der dreizähligen Axe als Kante, resp. die darauf senkrechte Basisebene als Fläche, einzuschliessen hat, in seiner Art einzig ist, indem ihm vier nicht complanare Kanten, resp. vier nicht tautozonale Flächen, welche ihn vollständig und unzweideutig bestimmen, von vornherein zugewiesen sind.

Nun suchen wir nach der Besonderheit, welche diesen die Basisfläche

einschliessenden Complex auszeichnet. Da die Verhältnisse der Axenabschnitte dieser Fläche unveränderlich

$$1 : 1 : 1 ,$$

sind, so sind ihre nothwendig rationalen Indicesverhältnisse

$$\frac{a_1}{1} : \frac{a_2}{1} : \frac{a_3}{1} = a_1 : a_2 : a_3 ,$$

wenn $a_1 : a_2 : a_3$ die Verhältnisse der Axenabschnitte der Einheitsfläche sind. Die erwähnte Besonderheit besteht also darin, dass die Verhältnisse der Axenabschnitte der Einheitsfläche nicht mehr, wie allgemein, irrational, sondern rational sein müssen. Dies gilt übrigens für eine beliebige Fläche des in seiner Art einzigen Complexes (immer eine unveränderliche Fundamentalecke angenommen), und umgekehrt, sind die Verhältnisse der Axenabschnitte einer beliebigen Fläche des Complexes rational, so ist die Basisfläche eine mögliche Fläche des Complexes, da ihre Indicesverhältnisse, wenn jene Fläche zur Einheitsfläche gewählt wird, zu

$$\frac{a_1}{1} : \frac{a_2}{1} : \frac{a_3}{1} = a_1 : a_2 : a_3$$

werden, welches der Voraussetzung nach rationale Verhältnisse sind.

Die durch die Beziehungen (3) gegebenen Verhältnisse der Axenabschnitte einer beliebigen Fläche eines durch die Fundamentalecke und die Zahlen r' und r_3 bestimmten rationalen Complexes sind aber im Allgemeinen irrational, da sie gleich sind einer rationalen Zahl $(r', 1)$, multiplicirt mit der Kubikwurzel einer rationalen Zahl $\left(\sqrt[3]{r_3}, \sqrt[3]{\frac{1}{r_3}}\right)$; sie sind also von dem die Basisfläche einschliessenden Complex verschieden, oder vielmehr, letzterer ist nur ein particulärer Fall der Bedingungen (3), nämlich derjenige, in welchem r_3 nicht nur rational wie bei (3), sondern die dritte Potenz einer rationalen Zahl ist, so dass die Abschnittsverhältnisse selbst rational werden, wie der besondere Complex erfordert. Noch einmal: letzterer ist einer unter einer Unendlichkeit möglicher rationaler Complexe mit derselben Fundamentalecke, und den verschiedenen Werthen von r_3, welche gleich dritten Potenzen von rationalen Zahlen sind, entsprechen nur die verschiedenen Flächen dieses ausgezeichneten Complexes, was als eine Folge des aus (4) folgenden Schlusses angesehen werden kann. Es scheint der einzige zu sein, welcher bis jetzt in Krystallen nachgewiesen worden ist, es spricht aber bis auf Weiteres nichts gegen die Möglichkeit, dass ein anderer, welcher die Symmetrieaxe als Kante nicht enthält, auch bei Krystallen verkündigt werde.

2. Nun noch einige Worte über den Viola'schen Aufsatz.

Es möge mit den drei zur dreizähligen Axe symmetrischen Fundamentalflächen die Fläche e' vereinbar sein, d. h. es mögen die Ableitungen (nach des Verfs. Ausdruck) h_1, h_2, h_3 einer der mit e' bezüglich der Axe symmetrischen Flächen, die wir e'' nennen wollen, rational sein (Verf. kümmert sich nicht darum, unter welchen Bedingungen dies stattfinden wird). Liegt e'' bezüglich e' wie die Fundamentalfläche p_2 bezüglich p_1, so sind die Indices der dritten, mit e' und e'' gleichwerthigen Fläche e''', in Verhältnissform geschrieben,

$$h_1 h_3 : h_2 h_1 : h_3 h_2 = \frac{1}{h_2} : \frac{1}{h_3} : \frac{1}{h_1}$$

und nicht

$$\frac{h_3}{h_1} : \frac{h_1}{h_2} : \frac{h_2}{h_3},$$

wie Verf. angiebt (nach Verfs. Ableitungsmethode, und wenn die Ableitungen, um von e'' nach e''' zu gelangen, h_3, h_1, h_2 sind, wie in der That, so würde man für ihre Indices als Ableitungen aus der Einheitsfläche

$$\frac{x}{h_1} : \frac{y}{h_2} : \frac{z}{h_3} = h_3 : h_1 : h_2,$$

also

$$x : y : z = h_3 h_1 : h_1 h_2 : h_2 h_3,$$

wie oben, haben).

Die zur Fläche $y'(y_1 : y_2 : y_3)$ zugehörigen Flächen y'' und y''' scheinen mir die vom Verf. angegebenen Indicesverhältnisse nicht zu haben, sondern die folgenden:

$$h_1 y_3 : h_2 y_1 : h_3 y_2 \quad \text{für } y''$$

und

$$\frac{y_2}{h_2} : \frac{y_3}{h_3} : \frac{y_1}{h_1} \quad \text{für } y''',$$

weil, wenn die Axenabschnitte von $e'(111)$ sich wie $a_1 : a_2 : a_3$ verhalten (Axenverhältniss), diejenigen von y' sich wie

$$\frac{a_1}{y_1} : \frac{a_2}{y_2} : \frac{a_3}{y_3},$$

also diejenigen von y'' wie

$$\frac{a_3}{y_3} : \frac{a_1}{y_1} : \frac{a_2}{y_2}$$

verhalten werden, woraus die Indices von y'' zu

$$\frac{a_1}{a_3} y_3 : \frac{a_2}{a_1} y_1 : \frac{a_3}{a_2} y_2$$

resultiren, oder da

$$h_1 : h_2 : h_3 = \frac{a_1}{a_3} : \frac{a_2}{a_1} : \frac{a_3}{a_2},$$

zu

$$y_3 h_1 : y_1 h_2 : y_2 h_3,$$

während für y''' mit den Axenabschnitten

$$\frac{a_2}{y_2} : \frac{a_3}{y_3} : \frac{a_1}{y_1}$$

sich die Indicesverhältnisse zu

$$\frac{a_1}{a_2} y_2 : \frac{a_2}{a_3} y_3 : \frac{a_3}{a_1} y_1 = \frac{y_2}{h_2} : \frac{y_3}{h_3} : \frac{y_1}{h_1}$$

berechnen lassen.

Sollen die drei Flächen y', y'', y''' zusammenfallen, so muss sein:

$$y_1 : y_2 : y_3 = h_1 y_3 : h_2 y_1 : h_3 y_2 = \frac{y_2}{h_2} : \frac{y_3}{h_3} : \frac{y_1}{h_1}, \tag{5}$$

woraus

$$\frac{y_1^3}{y_1 y_2 y_3} = \frac{h_1}{h_2}, \quad \frac{y_2^3}{y_1 y_2 y_3} = \frac{h_2}{h_3}, \quad \frac{y_3^3}{y_1 y_2 y_3} = \frac{h_3}{h_1} \tag{6}$$

und schliesslich

$$y_1 : y_2 : y_3 = \sqrt[3]{\frac{h_1}{h_2}} : \sqrt[3]{\frac{h_2}{h_3}} : \sqrt[3]{\frac{h_3}{h_1}},$$

was zeigt, dass die Symmetrieaxe nur dann mögliche Kante des durch p_1, p_2, p_3, e' bestimmten Complexes ist, wenn $\frac{h_1}{h_2}$ und $\frac{h_2}{h_3}$ oder eine dieser Zahlen und $\frac{h_3}{h_1}$ sich wie exacte dritte Potenzen von rationalen Zahlen verhalten, während der rationale Complex schon existirt, sobald die Verhältnisse $h_1 : h_2 : h_3$ rational sind. Diese Rationalität ist aber von derjenigen von (7) vollständig unabhängig, vielmehr werden die Verhältnisse (7) bei Rationalität der Verhältnisse $h_1 : h_2 : h_3$ selbst im Allgemeinen irrational sein.

Während wir zu den Gleichungen (5) gelangt sind, aus denen keine weiteren Beziehungen abzuleiten sind, als solche, welche auch aus (6) hervorgehen können, gelangt Verf. wegen der fehlerhaften Symbole von y'' und y''' zu zwei Gleichungssätzen, welche sich widersprechende Resultate ergeben, indem die Hrn. Fedorow zugeschriebene Beziehung nur eine Folge des zweiten Gleichungssatzes ist, während die erste die davon verschiedene Beziehung

$$s_1^3 : s_2^3 : s_3^3 = \frac{1}{h_3^3} : \frac{1}{h_1^3} : \frac{1}{h_2^3}$$

liefert, welche, wenn sie richtig wäre, erst den behaupteten Satz beweisen würde. Dagegen zeigt die vom zweiten Gleichungssatze abgeleitete Fedorow'sche Beziehung gerade das Gegentheil, da der vom Verf. aufgestellte Satz, nach welchem »es immer möglich ist, drei rationale Zahlen so zu wählen, dass sie, zur dritten Potenz erhoben, sich so verhalten, wie drei gegebene rationale Zahlen« bis auf weitere

Begründung als nicht zutreffend hinzustellen ist. Welche wären dann die rationalen Zahlen, deren dritte Potenzen sich wie 7 : 5 : 3 verhalten? Es müsste denn $\sqrt[3]{\frac{7}{5}}$ eine rationale Zahl sein! Da aber wir weder eine noch die andere aus den zwei Gleichungssätzen abgeleitete Beziehung für richtig halten, so unterlassen wir es, sie weiter zu discutiren.

Eine Nachprüfung unserer Beziehung (7) erhalten wir leicht, wenn wir $h_1 : h_2 : h_3$ durch die entsprechenden Functionen des Axenverhältnisses

$$\frac{a_1}{a_3} : \frac{a_2}{a_1} : \frac{a_3}{a_2}$$

ersetzen. Dann wird (7) zu

$$y_1 : y_2 : y_3 = \sqrt[3]{\frac{a_1^2}{a_2 a_3}} : \sqrt[3]{\frac{a_2^2}{a_3 a_1}} : \sqrt[3]{\frac{a_3^2}{a_1 a_2}}$$

oder

$$y_1 : y_2 : y_3 = a_1 : a_2 : a_3$$

in Uebereinstimmung mit dem bekannten Satze, nach welchem die Indices der Basisfläche sich wie die Abschnitte der Einheitsfläche auf den Axen verhalten (siehe den ersten Theil dieser Notiz). Noch einmal: Die Basisebene ist nur mögliche Fläche, wenn das Axenverhältniss rational ist; letzteres braucht es aber nicht zu sein, und ist es im Allgemeinen nicht, wenn auch anders beschränkt.

3. Da es nun als bewiesen anzusehen ist, dass eine dreizählige Symmetrieaxe keine nothwendig mögliche Kante eines darnach symmetrischen Complexes vertritt, so wird es auch interessant, zu erforschen, ob es allein die mit nur einer dreizähligen Axe und sonst keinen weiteren Symmetrieelementen ausgestatteten Complexe sind, welche diese Eigenschaft zeigen, oder ob ein ausser der dreizähligen Axe noch andere und zwar zweizählige Symmetrieelemente enthaltender Complex sie auch bietet.

Zunächst leuchtet ein, dass ein ausser der dreizähligen Axe nur noch das Symmetriecentrum besitzender Complex (rhomboëdrische Tetartoëdrie des trigonal-hexagonalen Systems) genau so zu beurtheilen ist, wie der rein dreizählig-symmetrische Complex, da durch das Hinzutreten des Centrums keine weiteren Flächenrichtungen erzeugt werden. Dagegen gestaltet sich die Sache ganz anders, wenn mit der dreizähligen Axe, sei es eine dieselbe enthaltende Symmetrieebene, sei es eine senkrechte Umklappungsaxe, sei es eine normale Symmetrieebene, oder endlich eine mit der Axenrichtung selbst zusammenfallende Umklappungsaxe, verbunden wird. In allen vier Combinationsfällen, aus denen die Symmetrien aller übrigen Klassen des trigonal-hexagonalen Systems durch neu hinzutretende Elemente abgeleitet werden können, und welche somit die Betrachtung letzteren überflüssig machen, bedingt eine beliebig angenommene allgemeinster Lage fünf weitere Flächenrichtungen — die damit

vorhandenen Symmetrieelementen gleichwerthigen Richtungen —, welche zur Bestimmung eines Complexes nicht nur hinreichend, sondern sogar überschüssig sind. In den beiden ersten Fällen ist die relative Lage der sechs gleichwerthigen Flächenrichtungen ein und dieselbe, wie daraus zu schliessen ist, dass durch das Hinzutreten des Symmetriecentrums jedesmal dieselbe Gesammtsymmetrie, nämlich diejenige der rhomboëdrischen (nach Groth skalenoëdrischen) Hemiëdrie, zu Stande kommt. Die beiden letzteren Fälle gehen ihrerseits durch die Aufnahme des Centrums in die hexagonal-bipyramidale Hemiëdrie über, sind daher auch bei der Discussion beisammen zu halten. Es ist hier die allgemeine einfache Form eine hexagonale Pyramide, während dort eine ditrigonale als solche auftritt. Da aber eine hexagonale Pyramide als eine isogonal-ditrigonale angesehen werden kann (und manchmal sogar keine andere Bedeutung zulässt), so können wir uns damit begnügen, den ersten Fall allein in Betracht zu ziehen, worin mit der dreizähligen Axe eine durch sie hindurchgehende Symmetrieebene und daher noch zwei weitere verbunden erscheinen, welche alle drei zusammen den Raum um die Axe herum in gleiche Winkel von 60° theilen (ditrigonal-pyramidale Tetartoëdrie des trigonal-hexagonalen Systems).

Zeichnet man die aus einem beliebigen Flächenpol allgemeinster Lage entspringende einfache Form dieser Krystallklasse nebst ihren Symmetrieelementen in stereographischer Projection, so sieht man ohne Weiteres, dass sich die Zonenkreise je zweier nicht zu ein und derselben dreizähligen Gruppe gehörigen Flächen zu je drei in drei Paaren von Flächenpolen schneiden, welche im Zonenkreise der Hauptaxe liegen, und letzteren in Bögen von 60° um den Basispol herum theilen. Die Axe ist also die gemeinschaftliche Kante dieser drei Flächen, und ihre Zone besitzt die charakteristischen Eigenschaften der isotrop-trigonal-hexagonalen Zone. In Folge dessen ist die Basalebene auch mögliche Fläche des Complexes, und das Basalkantenbüschel auch das isotrop-trigonal-hexagonale. Unter anderen sind mögliche Kanten dieses Büschels die Schnittgeraden mit den Symmetrieebenen, welche Schnittgeraden die Winkel der Normalen je zweier der gefundenen Flächen der isotropen Zone halbiren, und die mit diesen Normalen selbst zusammenfallenden Geraden, welche die Umklappungsaxen einer aus denselben Flächenrichtungen bestehenden Form der trigonal-trapezoëdrischen Tetartoëdrie und der rhomboëdrischen Hemiëdrie darstellen.

Da hiernach jeder mit der fraglichen Symmetrie begabte Complex die erwähnte isotrope Zone in der soeben angezeigten Lage in Bezug auf die Symmetrieebenen (resp. Umklappungsaxen) enthalten muss, so muss er der Bedingung Genüge leisten, die eine solche Zone und ein zugeordnetes Büschel einem Complexe überhaupt auferlegen.

Einer unter den Ausdrücken dieser Bedingung lautet bekanntlich: Sind α, β, γ die Winkel, welche eine Flächennormale mit drei, etwa durch

die Symmetrieverhältnisse bestimmten, gleichwerthigen Basalkanten, die somit die Basis um den Büschelmittelpunkt herum in Winkelflächen von 60⁰ theilen, bilden, so verhalten sich cos α : cos β : cos γ wie drei rationale Zahlen. Ist dies von der angesetzten Ausgangsfläche erfüllt, so kommt erst ein rationaler Complex zu Stande, dann aber schliesst er ohne weiteres die dreizählige Axe als mögliche Kante, die dazu normale Ebene als mögliche Fläche ein. Insbesondere trifft jene Rationalität immer zu, wenn die Form isogonal, also die ditrigonale zu einer hexagonalen Pyramide wird, was dann immer geschieht, wenn der auf der Ausgangsfläche normale Hauptschnitt mit einer der Symmetrieebenen einen Winkel von 30⁰ einschliesst, resp. mit dem Hauptschnitte einer Umklappungsaxe zusammenfällt. Man kann sagen: jede hexagonale Pyramide (es wird nur auf die Flächenrichtungen, nicht auf die Flächen selbst Bezug genommen) erzeugt einen rationalen Complex, eine ditrigonale dagegen nur, wenn eine gewisse Bedingung erfüllt wird, für welche ein Ausdruck oben angegeben worden, und ein anderer z. B. lautet: es müssen cos ψ und $\sqrt{3}$ sin ψ, wobei ψ der Winkel der Hauptschnitte, welche zwei nicht zu ein und derselben dreizähligen Flächengruppe zugehörige Flächenpole enthalten, rational sein.

Somit trennen sich sämmtliche, mit dreizähliger Hauptaxe ausgestatteten Krystallklassen, und hierin sind auch diejenigen mit sechszähliger Hauptaxe mit einbegriffen, in zwei Abtheilungen, deren eine die ogdoëdrische und die rhomboëdrisch-tetartoëdrische, und deren andere alle übrigen zehn Klassen einschliesst. Während bei der letzteren Abtheilung die Hauptaxe nothwendigerweise mögliche Kante des Complexes ist, findet dies bei den zu den Klassen ersterer Abtheilung zugehörigen Complexen nicht statt, und nur dann, wenn es eintrifft, wird es möglich, den Complex auf ein Bravais'sches krystallographisches Fundamentalsystem zu beziehen. Dieses Fundamentalsystem bildet somit das Charakteristikum für die Zugehörigkeit der dreizähligen Axe als mögliche Kante zum Complexe, daher auch das einzige, theoretisch richtige Bezugssystem der trigonal-hexagonalen Krystallklassen, aus denen, wie Hecht hervorgehoben hat, die physikalischen Verhältnisse die ogdoëdrischen und rhomboëdrisch-tetartoëdrischen Complexe ausschliessen, bei denen die dreizählige Axe keine mögliche Kante darstellt. Es ist hiernach das Miller'sche Bezugssystem entschieden zu verwerfen, wenigstens was Beschreibung und Darstellung anbetrifft.

Man trifft analoge Verhältnisse bei der durch die ungerade Zähligkeit mit der dreizähligen verwandten, fictiven, einzähligen Axe mit der Identität als einzigen Operation, welche somit die Abwesenheit jeglicher Symmetrie bedeutet. Eine solche Axe ist die einzige, der asymmetrischen Krystallklasse (triklinen Hemiëdrie) und, mit dem Symmetriecentrum verbunden, der triklinen Holoëdrie zuzuschreibende Axe. Sie ist hier

wie die dreizählige in der trigonalen Ogdoëdrie und rhomboëdrischen Tetartoëdrie, keine nothwendig mögliche Kante des Complexes (jeder beliebigen Centralrichtung kommt die identische Operation selbstverständlich zu), sie wird es aber, sobald die dazu normale Ebene zur Symmetrieebene oder ihre eigene Richtung zur Umklappungsaxe selbst wird. Allerdings geht die Analogie, wohl wegen der Rudimentarität der einzähligen Axe, nicht weiter, indem das Vorhandensein einer ihr parallelen Symmetrieebene oder einer darauf senkrechten Umklappungsaxe sie nicht zur möglichen Kantenrichtung herausbildet, sondern ihr nur die Stellung innerhalb einer möglichen Fläche zuweist.

Zusatz.

In einem neuerdings (im 4. Hefte dieses Bandes) erschienenen Aufsatze von C. Viola wird die geometrische Möglichkeit dreizählig symmetrischer rationaler Complexe ohne Basisfläche zugegeben und dafür ein Beweis geliefert, welcher mit dem meinigen identisch ist. Verf. versucht also nicht mehr, wie früher, die geometrische Unmöglichkeit solcher Complexe darzuthun, bringt im Gegentheil einen Beweis gegen dieselbe bei, versucht aber aus physikalischen Gründen, welche noch einer weiteren Prüfung bedürfen, zu zeigen, dass solche Complexe an Krystallen nicht vorkommen können.

Es ist bemerkenswerth, dass dies das erste Mal ist, wo in dieser Frage die physikalische Natur der Krystalle als Beweismittel herangezogen wird. Der Urheber der Frage selbst, Herr v. Fedorow, der wiederholt den Gegenstand behandelte, hat nie die physikalischen Bedingungen berührt und wollte sie nicht einmal in der Frage benutzt wissen. Mit rein geometrischen Mitteln sollte man auskommen.

Dass aber die Idee von C. Viola nicht neu ist und schon in Erwägung, wenn auch nur nebenbei, gezogen worden ist, zeigt der Schluss der eingangs erwähnten Notiz, wo B. Hecht zwischen rationalen Complexen überhaupt und Krystallen unterscheidet, jene nur den Rationalitäts- und den geometrischen Symmetriegesetzen unterworfen, diese auch vom physikalischen Symmetriegesetze beherrscht, nach welchem die Molekelcentra in gleichwerthigen Richtungen gleiche Vertheilung aufweisen müssen, woraus wieder gleiche Einheiten für gleichwerthige Kanten resultiren.

In diesem Sinne wäre der Beweis, welchen Liebisch für die Möglichkeit der dreizähligen Axe als Krystallkante in seinen Lehrbüchern anführt, ganz richtig, da Derselbe annimmt, dass in der Ebene zweier gleichwerthiger Kanten und den Winkel derselben halbirend immer eine

Kante möglich ist, und hieraus das Weitere ableitet. Dieser Beweis lässt sich also nicht mittelst eines rein geometrischen Beweises angreifen, wie v. Fedorow glaubte, und die Grundlage jedes physikalischen Beweises kommt schliesslich auf die gleiche Vertheilung der Materiencentra längs gleichwerthiger Richtungen hinaus. Da aber einerseits die Theorien vergehen, und andererseits die rationalen Complexe überhaupt auf anderen Gebieten als demjenigen der Krystallographie Anwendung finden können, ist es gut, den Hecht'schen Satz gegenwärtig zu haben. Auch in der Krystallographie selbst mit ihren heutigen Homogenitätstheorien kann er einmal von Bedeutung werden.

XXV. Die Symmetrieebene als Grundelement der Symmetrie.

Von

Georg Wulff in Warschau.

(Hierzu Tafel VI.)

Indem man diejenige Definition der Symmetrie, welche durch Zusammenwirken mehrerer hervorragender Krystallographen der Neuzeit aufgestellt worden ist, näher analysirt, findet man sofort, dass sie keine einheitliche ist, und dass diese Unvollkommenheit der Definition sich sehr leicht beseitigen lässt, wenn man die Symmetrieebene als Grundelement der Symmetrie wählt. Diesen Standpunkt erörterte ich in einem Vortrage in der öffentlichen Sitzung der Naturforschergesellschaft zu Warschau den 27. März 1896. Bald darauf erhielt ich den Aufsatz von Hrn. Viola »Ueber die Symmetrie der Krystalle und Anwendung der Quaternionenrechnung« (N. Jahrb. für Min. etc. Beil.-Bd. **10**), in welchem ich, abgesehen von der Quaternionenrechnung, alle diejenigen Ideen erblickte, die ich im obenerwähnten Vortrage ausgesprochen hatte, und welche dadurch eine erfreuliche Bestätigung fanden. Obwohl meine experimentellen Arbeiten mir nicht die nöthige Zeit liessen, um die Frage von der Symmetrieebene näher zu entwickeln, wie es seitdem Hr. Viola[1]) gethan hat, so bin ich doch der Meinung, dass, hier in wenigen Worten meinen Ideengang und dessen Resultate darzustellen, nicht ohne Nutzen sein könne.

Im Leben nennt man symmetrisch ausschliesslich diejenigen Gegenstände oder deren Theile, welche rechts und links von einer oder mehreren Ebenen liegen, wie der Gegenstand und sein Bild im Spiegel. Es ist nichts leichter, als diesen Standpunkt in die allgemeine Symmetrielehre einzuführen. Der Process der Spiegelung ist mit Ortswechsel verbunden, denn um das Spiegelbild von einem Punkte im Spiegel zu construiren, muss man

1) Diese Zeitschr. 27, 1.

den Punkt um seine Entfernung von dem Spiegel jenseits des Spiegels verlegen. Durch gemeinschaftliche Wirkung zweier Spiegel kann man zu jeder Figur eine andere, mit ihr congruente und von beliebiger Lage im Raume construiren. Also, zwei Spiegel, welche unabhängig von einander nicht wirken und nur das gemeinschaftliche Resultat liefern, sind einer Symmetrieaxe äquivalent. Die gemeinschaftliche Gerade zweier solcher Spiegel ist diese Symmetrieaxe, und der Umdrehungswinkel ist gleich dem doppelten Winkel zwischen den Spiegeln. Diese Art Symmetrie kann man »doppelte Spiegelung« nennen. Es ist aber vortheilhaft, sie Hemisymmetrie zu nennen, weil dabei von allen möglichen Abbildungen, welche zwei unter einem Winkel geneigte Spiegel liefern, nur die Hälfte vorbehalten bleibt, und zwar nur die unter sich und mit dem Gegenstande congruenten Abbildungen.

Drei spiegelnde Ebenen, welche durch einen Punkt gehen, und deren eine zu den beiden anderen senkrecht steht, sind der »Symmetrieaxe zweiter Art« äquivalent, wenn sie der Bedingung unterworfen sind, nur das gemeinschaftliche Resultat zu liefern. Diesen Fall mögen wir »dreifache Spiegelung« oder besser Tetartosymmetrie nennen, weil von allen Abbildungen, die durch drei gegenseitig geneigte Spiegel erzeugt werden können, nur der vierte Theil zurückbleibt. Mehr als dreifache Spiegelung kann nichts Neues liefern. Wenn wir consequent den Fall der einzeln wirkenden Symmetrieebenen Holosymmetrie nennen, so fallen diese drei Arten Symmetrie mit Holo-, Hemi- und Tetartoëdrie der alten Classification vollständig zusammen.

Wir kommen also zu dem Schlusse, dass die Symmetrie die Folge der Spiegelung in einer oder mehreren Ebenen (Symmetrieebenen) ist, welche einzeln, zu zwei und zu drei wirken.

Um diese Definition der Symmetrie zur Ableitung der möglichen Krystallklassen anzuwenden, kann man von den drei, sich in einem Punkte schneidenden Symmetrieebenen oder von dem entsprechenden sphärischen Dreieck ausgehen. Das Grundgesetz der Krystallographie bestimmt die Grösse der Winkel dieses Dreiecks, welche nur die Werthe 30°, 45°, 60°, 90° und 180° haben können. Es ist selbstverständlich, dass nicht alle Combinationen dieser Grössen zu je drei mögliche Dreiecke liefern. Dabei sind nur elf verschiedene Arten Dreiecke möglich. Jedes dieser Grunddreiecke wird kaleidoskopisch wiederholt und bedingt ein Netz von Dreiecken, welche die ganze Kugeloberfläche lückenlos bedecken.

Entsprechend den elf Arten des Grunddreiecks bekommen wir elf Symmetriearten, welche durch die Anwesenheit von lauter Symmetrieebenen der einfachen Spiegelung sich auszeichnen. Alle diese elf Fälle erschöpfen die Holosymmetrie, welche man der Form des Grunddreiecks nach in vier Abtheilungen theilen kann: sphäroëdrische, bipyra

midale, pyramidale und domatische. Aus der Holosymmetrie erhält man die Arten der Hemisymmetrie unter Voraussetzung, dass alle oder nur einzelne Symmetrieebenen zu Symmetrieebenen doppelter Spiegelung werden. Somit erhält man die vollständige und unvollständige Hemisymmetrie, welche letztere noch zwei Arten unterscheiden lässt, die ich vorläufig erster und zweiter Art nenne. Die erstere enthält mehr Ebenen der einfachen Symmetrie, als die zweite. Endlich, wenn wir die dritte Bedingung einführen — diejenige der gleichzeitigen Wirkung dreier Symmetrieebenen —, bekommen wir die Tetartosymmetrie.

Auf Tafel VI sind alle möglichen Fälle der Kugeltheilung in krystallographisch symmetrische Theile abgebildet. Es sind nur die Symmetrieebenen angegeben, und zwar durch fette Linien die Ebenen der einfachen, durch feine die der zweifachen und durch fettpunktirte die der dreifachen Spiegelung. Die Symmetrieaxen sind nicht angegeben, weil ihre Lage und Ordnung sehr leicht in den Durchschnittspunkten der Symmetrieebenen gefunden wird.

Das erörterte Princip kann als Grundlage eines Systems sehr einfacher und sehr anschaulicher Symbole dienen, um jede Symmetrieart kurz zu charakterisiren. Dazu wollen wir unser Grunddreieck durch seine Winkel bestimmen und durch die Grösse eines Winkels die ihm gegenüberliegende Seite benennen. Die Winkel haben die Form $\pi : m$, $\pi : n$ und $\pi : p$, wo m, n, p ganze Zahlen aus der Reihe 1, 2, 3, 4, 6 sind. Das sphärische Dreieck bezeichnen wir durch $s(mnp)$, wobei s dieses Symbol von dem krystallographischen Symbol einer Fläche unterscheiden und an das Wort »Symmetrie« erinnern soll. Wenn eine Dreiecksseite, z. B. n, zu einer Ebene der doppelten Spiegelung wird, so wollen wir das durch einen Strich andeuten. In dem gewählten Beispiele wird das Symbol der Symmetrieart $s(mn'p)$ sein. Die Ebenen der dreifachen Spiegelung wollen wir durch einen doppelten Strich andeuten, z. B. $s(m''n''p'')$ ist das Symbol einer Symmetrieart, in welcher alle Seiten des Grunddreiecks zu Ebenen dreifacher Spiegelung geworden sind. Um diese Symbole leichter anzuwenden, muss man sich die ganze Kugeloberfläche vorstellen, welche in die dem Symbol entsprechenden Dreiecke getheilt ist, und danach den grössten Kreisen die Bedeutung beilegen, welche die Striche im Symbole angeben.

Auf der Tafel VI ist jede Projection mit dem entsprechenden Symbol versehen.

Ich begnüge mich mit dieser kurzen Notiz, weil, wie ich meine, die Durchführung des Princips im Einzelnen für Niemanden Schwierigkeiten bieten wird.

XXVI. Weitere Beiträge zur Kenntniss der Minerallagerstätten der Serpentine in den östlichen Centralalpen.

Von

E. Weinschenk in München.

Die häufigsten und am weitesten verbreiteten Typen von Minerallagerstätten, welche sich an die centralalpinen Peridotite und deren Abkömmlinge, die Serpentine, anschliessen, habe ich an einigen typischen Beispielen aus dem Gebiete des Gross-Venedigermassivs [1]) ausführlicher geschildert. Interessant erschien vor allem bei diesen Vorkommnissen, dass dieselben nur in ganz vereinzelten Fällen eigentliche Magnesiasilicate aufweisen, vielmehr in der Hauptsache aus Kalkmagnesia- und namentlich Kalkthonerdesilicaten bestehen, während die frischen, unzersetzten Stubachite weder Kalk noch Thonerde in einigermassen bedeutender Menge enthalten, und ebensowenig in den umgewandelten Gesteinen, den Serpentinen, diese Stoffe irgendwelche Rolle spielen. Ja selbst unter den rhomboëdrischen Carbonaten, welche sich in diesen Lagerstätten als Umhüllung der Silicate finden, konnten nur fast magnesiafreier Kalkspath, sehr selten auch Dolomit, niemals aber Magnesit nachgewiesen werden, eine Erscheinung, welche, wie ich schon l. c. betonte, am allermeisten gegen eine Entstehung der mineralführenden Gänge dieser Serpentine durch Auslaugung des Nebengesteins sprechen. Eine einzige Ausnahme von der Regel, dass eigentliche Magnesiaverbindungen den gangförmigen Vorkommnissen in den Serpentinen fehlen, bildet in dem in Betracht gezogenen Gebiete das Vorkommen von Talk, welcher hin und wieder in der bekannten grossblätterigen Ausbildung auf den Klüften dieser Gesteine aufgefunden wurde.

Doch nahm ich gleichzeitig Gelegenheit, darauf hinzuweisen, dass in benachbarten Gebieten, speciell im Stubachthal, dem westlichsten vom

1) E. Weinschenk, Die Minerallagerstätten des Gross-Venedigerstockes in den Hohen Tauern. Diese Zeitschr. **26**, 337.

Pinzgau aus zum Gross-Glocknermassiv hinaufführenden Seitenthal, ein Typus von Minerallagerstätten innerhalb der Magnesiasilicatgesteine auftritt, in welchem die wichtigsten Mineralien des Massengesteins selbst, Olivin und Serpentin, eine ziemlich bedeutende Rolle spielen. Analog zusammengesetzte Vorkommnisse scheinen zwar auch im Venedigermassiv nicht ganz zu fehlen und jedenfalls vorhanden gewesen zu sein, wie einestheils ein im Söllgraben, Habachthal, aufgefundenes Stück beweist, in welchem derber, aber frischer Olivin auf Klüften des Serpentins beobachtet wurde, anderntheils durch nicht seltene Vorkommnisse von gangförmigem, gröber-blättrigem Serpentin auf den Klüften des Gesteins von der Gosler Wand wahrscheinlich gemacht wird, bei welchen eine Entstehung aus ähnlichen Olivin-Serpentinaggregaten, wie sie im Folgenden aus dem Stubachthal beschrieben werden, schon durch die eigenartige Structur dieser Bildungen nahe gelegt erscheint.

Ferner findet man im Gebiete des Gross-Venedigers Carbonate in selbständiger Entwickelung auf den Klüften der Serpentine gleichfalls nur ganz sporadisch, und zwar Krystalle von Dolomit in dem schon oben erwähnten Söllgraben, während diese Mineralien sonst nur als letzte Bildungen der silicatreichen Gänge, meist in Form einer Ausfüllungsmasse durch Kalkspath, angetroffen wurden. Gegenüber der Häufigkeit, in welcher die Carbonate an anderen Localitäten als Neubildungen im Serpentin vorhanden sind, erschien dieses Verhältniss im höchsten Grade auffallend, und es gelang mir in der Folge auch, diese scheinbare Lücke in den Minerallagerstätten der centralalpinen Serpentine durch Funde in dem benachbarten Gebiete des Gross-Glockners auszufüllen.

In einem kleinen östlich von Bruck-Fusch parallel zum Fuscher Thal nach Süden abzweigenden Rinnsal, dem sogenannten Scheidmoosgraben, wurde eine massenhafte Entwickelung von Carbonaten auf den Klüften eines ziemlich mächtigen, in Kalksteinen und phyllitartigen Schiefern von unbestimmbarem geologischem Alter eingelagerten Serpentins entdeckt, welche aber die Eigenartigkeit der centralalpinen Serpentinlagerstätten gegenüber dem an sonstigen Localitäten Beobachteten noch klarer vor Augen stellen. Die Beschreibung dieser beiden neuen Vorkommnisse soll im Folgenden gegeben werden.

1. Vorkommnisse aus dem Stubachthal.

Die petrographische Charakterisirung der drei Serpentin- resp. Stubachitvorkommnisse, welche ich in diesem weitverzweigten Thale eingehender studirt habe, wurde bei früherer Gelegenheit[1]) gegeben. Von

[1]) E. Weinschenk, Beiträge zur Petrographie der östlichen Centralalpen etc. Abh. kgl. bayer. Akad. Wiss. München II. Cl. 1894, 18, 653.

denselben ist für den Mineralogen nur eines von grösserer Bedeutung und zwar dasjenige, welches die Todtenköpfe, die nordwestlichen Zacken der Hohen Riffl, zusammensetzt, da sich hier schöne Krystalle von Olivin neben einer Anzahl anderer wohlausgebildeter Mineralien vorfinden. Von den beiden anderen Vorkommnissen mag nur kurz erwähnt werden, dass an demjenigen des »Hackbrettl« oberhalb der Reichenberger Alm ähnliche Minerallagerstätten in sehr schlechter Ausbildung vorhanden sind, wie sie aus der Scharn im Gebiete des Gross-Venedigers ausführlicher beschrieben wurden, und wie sie auch sonst an zahlreichen Punkten der Centralkette der Alpen, wie am Rothenkopf im Zillerthal, an der Burgumer Alpe in Pfitsch und namentlich auch im Alathal in Piemont zur Entwickelung gekommen sind. Es finden sich hier, aber niemals in der schönen Ausbildung wie an den anderen Fundorten, Hessonit, Epidot, Diopsid etc. von derbem Calcit eingehüllt auf einzelnen Klüften vor, aber ohne irgend welches mineralogische Interesse zu bieten. Ich möchte nur noch hinzufügen, dass auch hier, wie an den anderen oben angeführten Fundorten, dichte, carneolähnlich aussehende Granataggregate und nephritähnliche Vesuvianfelse auftreten, welche Pseudomorphosen nach dem ursprünglichen Olivingestein darstellen.

Das zweite der untersuchten Vorkommnisse, welches den Rettenkopf aufbaut und sich von diesem herab über den Enzinger Boden hinüberzieht, ist nicht so vollkommen serpentinisirt, wie das erstgenannte, sondern man findet hier neben vollkommen umgewandelten Gesteinen den Stubachit in recht frischen Proben vor, wenn auch seine Ausbildung hier nicht so vorzüglich ist, wie an den Felszähnen der Todtenköpfe. In vereinzelten, aber sehr schlechten Funden von diesem Vorkommniss finden sich analoge Mineralneubildungen von Olivin und Serpentin, sowie von Diopsid, wie sie in grosser Mannigfaltigkeit und Schönheit der Ausbildung an dem letzteren Punkte gesammelt werden konnten. Erwähnenswerth ist hier des Weiteren nur das häufige Vorkommen von lichtgrünem, stengligem Strahlstein, spangrünem, fuchsitartigem Glimmer, sowie endlich von echtem Graphit in kleinen, metallartig glänzenden Schuppen in den dem Serpentin zunächst gelagerten Schichten des Gneisses. Von diesen ist namentlich das Vorkommen von Graphit von Interesse, da dieses Mineral mir sonst aus keinem einzigen der Schiefergesteine der ganzen Centralzone bekannt geworden ist.

Viel reichere Minerallagerstätten aber sind in dem verhältnissmässig wenig umgewandelten Stubachit der Todtenköpfe entwickelt, welchen schon in Folge des Auftretens von Olivin in gut ausgebildeten Krystallen ein erhöhtes Interesse gesichert ist. Von diesem Vorkommniss sind in früherer Zeit Stücke an verschiedene Sammlungen gelangt und zwar gewöhnlich durch Prägratener Sammler, weshalb sie auch nicht selten unter

der Fundortsbezeichnung Prägraten aufgeführt werden, wie dies z. B. früher für das von Petersen [1]) beschriebene »nickelhaltige Magneteisen von Prägraten« wahrscheinlich gemacht wurde.

Auf den Olivin von dieser Localität wurde zuerst von Hauer [2]) aufmerksam gemacht, welcher als Fundort den etwas westlicher gelegenen »Kalser Tauern schon über der Grenze im Pinzgau« angiebt; doch lagen seinen Untersuchungen ebenso wie den späteren von Tschermak [3]) nur derbe Stücke zu Grunde, eingewachsen in Kalkspath und Bergleder. Als Begleitmineralien werden genannt: Asbest, Magnetit und Zoisit, der letztere vermuthlich identisch mit dem unten beschriebenen Diopsid, welcher in Folge seiner vollkommenen Absonderung nach {100} recht zoisitähnlich aussieht.

Von den Mineralien, welche von mir in den Gängen im Stubachit der Todtenköpfe beobachtet wurden, ist weitaus das verbreitetste der Olivin, der z. Th. in selbständigen, grobkörnigen Aggregaten die Ausfüllung der Klüfte bildet, theils in mehr oder weniger rundlichen Knauern oft von bedeutender Grösse in Chrysotilasbest und in Dolomit eingewachsen ist oder aber in gut ausgebildeten, prismatisch-tafligen Krystallen im Calcit sich findet, welcher in sehr grobspäthigen Partieen den inneren Theil der Klüfte erfüllt.

Das Gestein, in welchem diese Gänge auftreten, und welches ich als Stubachit bezeichnete, wurde l. c. ausführlicher charakterisirt; ich will hier nur anführen, dass dasselbe in frischem Zustande aus weitaus vorherrschendem Olivin besteht, mit welchem grössere und ziemlich dicke Tafeln von im Dünnschliff farblosem Blätterserpentin, Antigorit, in gesetzmässiger Weise verwachsen sind, und zwar sind bei dieser Verwachsung in den meisten Fällen die Flächen des Brachydomas {011} des Olivins parallel zu der Fläche vollkommenster Spaltbarkeit im Antigorit, und die Ebene der optischen Axen des letzteren liegt parallel {100} des Olivins. Dieser ist dabei vollkommen frisch, zeigt eine ungewöhnlich vollkommen ausgebildete prismatische Spaltung und stimmt in seinen optischen Eigenschaften, also wohl auch chemisch, mit den auf den Klüften ausgebildeten Krystallen auf's Vollkommenste überein. Die Lichtbrechung des Antigorits ist etwas höher als die des Canadabalsams; der Quotient $\gamma - \alpha$ wurde approximativ zu 0,01 gemessen, der scheinbare Axenwinkel ist etwa 50° und die negative spitze Bisectrix steht senkrecht auf der Fläche vollkommener Spaltbarkeit. Ausser diesen beiden Mineralien beobachtet man sehr unregelmässig vertheilt einen diallagartigen Pyroxen, sowie allenthalben Körner eines Chromspinells, welch' letztere oft von einem Hofe eines kräftig

1) Vergl. N. Jahrb. f. Mineral. etc. 1867, 836.
2) Berichte über die Mitth. von Freunden der Naturwiss. Wien 1847, 2, 194.
3) Sitz.-Ber. Akad. Wien 1867, 56, I, 281 und 286.

pleochroitischen Chlorits umgeben sind, dessen bläulichgrüne und smaragdgrüne Farbentöne auf einen Chromgehalt hinweisen.

Dieses Gestein erliegt nun der Umwandlung in Serpentin in der Weise, dass überall da, wo Antigorit ursprünglich vorhanden war, sich auf Kosten der Olivinkörner wirre, feinschuppige Aggregate von demselben Blätterserpentin bilden, welche von den ursprünglich klar durchsichtigen Olivinpartieen trübe, unkenntliche Reste übrig lassen und endlich auch diese auflösen. Aber in dem so entstandenen, unregelmässig struirten Aggregate sind die ursprünglichen, grossen Tafeln des Antigorits in ihrer charakteristischen Erscheinung erhalten geblieben, und die gesetzmässige Durchkreuzung derselben innerhalb der aggregatpolarisirenden Masse, welche nur auf die primäre Verwachsung des Antigorits mit dem ursprünglichen Olivin zurückgeführt werden kann, liefert das typische Bild der »Gitterstructur«, welche somit ebenso wie die »Maschenstructur« als ein Beweis der Entstehung eines Serpentins aus Olivin angesehen werden muss. Ueberhaupt erscheint es nach allen Erfahrungen, welche ich an den Serpentinen der Alpen ebenso wie anderer Localitäten sammeln konnte, in hohem Grade wahrscheinlich, dass nur Olivingesteine einer Umwandlung in Serpentin erliegen, und dass alle Angaben über die Umwandlung von Hornblende- und Pyroxengesteinen in Serpentin darauf zurückzuführen sind, dass man die Erscheinung der Gitterstructur ohne die Kenntniss der Vorkommnisse von den Todtenköpfen nicht zu deuten vermocht hat. Einzelne Proben der an den Todtenköpfen vorkommenden Gesteine bestehen aber auch aus eigentlichem Faserserpentin, Chrysotil, welcher in der bekannten Art der Maschenstructur angeordnet ist, und es erscheint am wahrscheinlichsten, dass solche Stücke aus ursprünglich antigoritfreien Peridotitpartieen hervorgegangen sind, wie sie namentlich am Enzinger Boden gar nicht selten in frischem Zusande neben antigoritführenden vorhanden sind.

Diese Gesteine, und zwar ebenso wohl die frischen Stubachite, wie die Antigorit- und die Chrysotilserpentine, werden durchsetzt von zahlreichen, sich oft zu mikroskopischer Feinheit verästelnden, oft zu bedeutender Mächtigkeit anschwellenden Gängen, deren hauptsächlichstes Mineral wiederum der Olivin darstellt. Der Olivin dieser Gänge weist nur verhältnissmässig selten Spuren einer Serpentinisirung auf, dagegen zeigt er häufig Einschlüsse feiner Nadeln, vermuthlich von Hornblendeasbest und ganz analoge gesetzmässige Verwachsungen mit grösseren Antigorittafeln, wie sie im Gestein selbst ursprünglich vorhanden sind. Ausser dem Olivin beobachtet man selten weissen, stengligen Pyroxen, radialstrahlige Tremolit-»Sonnen«, grobspäthige Partieen von Calcit und Dolomit, grosse Krystalle von Magnetit, sodann Magnetkies und endlich in besonderer Menge auch Knollen von Chrysotil.

Der Olivin findet sich, wie schon oben bemerkt, nur dort in wohlaus-

gebildeten Krystallen, wo er von Kalkspath umhüllt ist, aber das Sammeln von Stufen dieser Vorkommnisse ist ausserordentlich schwierig, so zahlreich die Gänge dieser Art sind, welche fast an allen der riesigen Blöcke beobachtet werden können, die von den Todtenköpfen auf das Oedwinkelkees herabgestürzt sind. Denn die grösseren Olivinkrystalle sind sehr spröde und so fest mit dem fast unbezwingbaren Stubachit verwachsen, dass ein Versuch der Loslösung meist eine vollkommene Zertrümmerung derselben herbeiführt. Die einzelnen Krystalle weisen oft ziemlich bedeutende Dimensionen auf, haben aber dann gerundete und stark geriefte Flächen, nur die kleineren sind glänzend und von guter Ausbildung; aber dieselben sind wiederum so fest mit dem sie umhüllenden Calcit verwachsen, dass ein mechanisches Herauspräpariren unmöglich erscheint. Ich versuchte daher durch Auflösen des Kalkspaths mittelst schwacher Säuren zum Ziele zu gelangen, aber der Olivin wird selbst von den schwächsten angegriffen und theilweise gelöst; endlich gelang es merkwürdigerweise mit etwas erwärmter, concentrirter Salzsäure, welche den Kalkspath mit äusserster Schnelligkeit auflöst, die Krystalle des Olivin glänzend zu erhalten. Der Habitus derselben ist langprismatisch, und durch das Vorherrschen einer Fläche von {110}, nach welcher alle Krystalle taflig sind, erhalten sie ein asymmetrisches Aussehen. Man beobachtet nicht selten gerundete Kanten und Vertiefungen auf den Flächen, kurz den eigenthümlich »geflossenen« Habitus, welchen in Calcit eingewachsene Krystalle von Silicaten so häufig darbieten; auch ist die Endausbildung selten in vollständiger Anzahl der Flächen vorhanden. {110} ist oft rauh und gerundet, selten glänzend, daneben tritt {010} als glänzende Abstumpfung auf; als Endigung beobachtet man {111} mit glatten, gut spiegelnden Flächen, sowie die neue Form {052} durch Combination mit {010} gestreift, aber gute Reflexe gebend. Die wichtigsten gemessenen Winkel sind folgende:

	Gemessen:	Berechnet:
(010):(110) =	65° 0′	65° 1′
(110);(1$\bar{1}$0)	49 55	49 57
(110):(111)	36 7	35 45
(010):(052)	34 7	34 19

Die Krystalle haben im Bruch den charakteristischen fettartigen Glasglanz des Olivins und eine lichtgelblichgrüne Farbe; nicht selten kann man ganz ebenflächige Spaltstücke herausbrechen, doch beruht diese Theilbarkeit auf einer mehr oder weniger regelmässigen Absonderung.

Das spec. Gew. des Olivins wurde mittelst der Westphal'schen Wage in mit Jodoform gesättigtem Methylenjodid zu 3,357 bestimmt; die chemische Analyse, von Herrn Cand. pharm. Vötter freundlichst übernommen, ergab:

	I.	II.
SiO_2	39,69	—
FeO	12,43	12,63 [1]
MgO	48,33	—
	100,45	

Eine Prüfung auf Titansäure hatte negativen Erfolg, wie auch schon die lichte Farbe des Minerals vermuthen liess, während der sogenannte Titanolivin, ebenso wie die meisten titanhaltigen Silicate, durch dunkle Farben ausgezeichnet ist. Mit den Ergebnissen der chemischen Analyse stimmt auch das optische Verhalten überein. Wie nach den Angaben von Penfield [2]) zu erwarten war, ist der Axenwinkel dieses Olivins sehr nahe an 90°, so zwar, dass nicht mit Sicherheit constatirt werden konnte, welches der spitze Axenwinkel ist.

Verhältnissmässig selten finden sich auch hier einzelne umgewandelte Krystalle; dieselben bestehen aus einer gelben, dichten, wachsartig brechenden Masse ganz vom Aussehen der von Groth [3]) beschriebenen Pseudomorphosen im Schweitzerit vom Findelengletscher bei Zermatt, doch wurden dieselben nur unter Verhältnissen beobachtet, welche eine intensivere Beeinflussung durch die Atmosphärilien wahrscheinlich machen; in den aus dem Gestein herausgelösten Stücken ist der Olivin stets vollständig frisch.

Der späthige weisse Calcit, in welchen diese Olivinkrystalle eingewachsen sind, liess qualitativ nur Spuren von Magnesia erkennen, was auch durch sein spec. Gew. = 2,717 bewiesen wird; er enthält zahlreiche Zwillingslamellen nach $\{01\bar{1}2\}$.

Makroskopisch diesem letzteren äusserst ähnlich erscheinen die Aggregate des Dolomits, welcher aber von Säuren nur sehr schwer angegriffen wird, zahlreiche Lamellen nach $\{02\bar{2}1\}$ aufweist und ein spec. Gew. = 2,878 hat. Merkwürdigerweise zeigen die in Dolomit eingewachsenen Olivine niemals Krystallform, sondern sind stets mehr oder minder rundliche, aber einheitliche Knollen; eine Loslösung derselben aus dem umhüllenden Dolomit erwies sich als undurchführbar, da der Olivin stets leichter angegriffen wurde, als das umhüllende Mineral. Endlich findet sich der Olivin noch in grossen, gleichfalls knollenförmigen Gebilden von vollständiger Frische eingehüllt in Chrysotilasbest, und dieses letztere Vorkommniss ist genetisch vielleicht das interessanteste, wie überhaupt die Art der Ausbildung des Asbestes an diesem Fundorte eine ganz eigenthüm-

1) Bestimmung des FeO durch Titriren.
2) Diese Zeitschr. 26, 143.
3) Mineraliensamml. Strassb. 202.

liche ist. Der Chrysotil bildet hier nicht wie sonst parallelfasrige, seidenglänzende Aggregate, sondern ist vielmehr vollständig dicht in grossen Knauern von rundlicher, buckliger Form mit einer Art Schalenstructur entwickelt, welche oft wachsähnlich durchscheinend sind und eine gelbe Farbe haben; zwischen diesen äusserst dichten Partieen findet sich als eine Art Bindemittel ein mehr zerfasertes Aggregat von Chrysotil. Diese Gebilde sind ausserordentlich zähe, es ist so gut wie unmöglich, sie zu zerreissen und nur durch Sägen kann man eine Trennung bewerkstelligen. Der Chrysotil lässt sich gut spinnen und liefert einen festen, langanhaltenden Faden; vor dem Löthrohre wird er schwarz und giebt reichlich Wasser ab, wobei er etwas spröde wird. In diesem Filz eingewachsen findet sich nun der Olivin in ähnlicher Form, wie sie der Chrysotil aufweist, aber derselbe ist stets vollständig frisch und auch an der Grenze gegen den Chrysotil ist nirgends eine Andeutung eines Ueberganges zu erkennen, dieselbe ist vielmehr durchaus scharf. Trotz der Aehnlichkeit der Form kann man es somit nicht als wahrscheinlich bezeichnen, dass der Chrysotil aus dem Olivin hervorgegangen ist.

In diesem dichtverfilzten Asbest treten ferner grosse, dodekaëdrische Krystalle von Magneteisen auf, welche früher, wie schon erwähnt, von Petersen als nickelführendes Magneteisen von Prägraten beschrieben wurden. Die Krystalle haben stark gestreifte Flächen und nicht selten einen Anflug von Nickelsmaragd, der sich auch auf Rissen innerhalb derselben findet. Sie sind ausserordentlich spröde und haben einen muschligen, stark pechglänzenden Bruch. Eine qualitative Probe sorgfältig ausgesuchten Materials aber erwies, entgegen der Analyse von Petersen (l. c.), die vollkommene Abwesenheit von Nickel im Magneteisen selbst, welches vielmehr aus einer geringen Menge stark nickelhaltigen Magnetkieses herrührte, der dem Magnetit in äusserst feiner Vertheilung beigemengt ist, sich von demselben aber leicht durch seine Farbe unterscheiden lässt.

Ferner findet sich hier selten ein weisser, und in Folge seiner vollkommenen Absonderung nach {100} sehr zoisitähnlicher, diopsidartiger Pyroxen, sodann in etwas grösserer Menge Tremolit, der theils grobstrahlige Aggregate, theils feinfasrige, asbestartige Partieen bildet, welche von dem Chrysotilasbest durch grössere Sprödigkeit der Faser, sowie durch ihre Unveränderlichkeit beim Erhitzen unterschieden werden.

Erwähnen möchte ich noch, dass der Olivinfels selbst stellenweise in dichten, topfsteinähnlichen Talk umgewandelt ist, in welchem einzelne bräunliche, aber klar durchsichtige Rhomboëder eingewachsen sind, die ein spec. Gew. = 3,130 besitzen und als Breunerit zu bezeichnen sind. Diese Vorkommnisse haben die grösste Aehnlichkeit mit denjenigen, welche vom Greiner im Zillerthal in allen Sammlungen verbreitet sind. Hier wie dort sind die in dem umgewandelten Olivingestein selbst eingewachsenen

Carbonate sehr kalkarm bis kalkfrei, die späthigen Bildungen auf den Klüften dagegen zeichnen sich stets durch einen hohen Kalkgehalt aus.

2. Neue Funde im Scheidmoosgraben bei Bruck.

Der Serpentin, durch welchen sich der Scheidmoosgraben hindurchzieht, ist an mehreren Stellen durchsetzt von einem wirren Netzwerk feiner Adern, auf welchen Carbonate in grosser Menge zur Ausbildung gekommen sind. Dieselben häufen sich zunächst am Contact gegen das Liegende, einen durch Contactmetamorphose körnig gewordenen Kalkstein, so dass der Serpentin hier den Eindruck einer Breccie macht, in welcher bruchige, zersetzte Serpentinfragmente durch ein mit zahlreichen Krystalldrusen ausgekleidetes, weisses Cäment verkittet sind. Dieses ganze Bindemittel besteht aus Kalkspath vom spec. Gew. = 2,731, also mit höchstens sehr geringem Gehalt an Magnesia, und dasselbe Mineral findet sich in den Drusenräumen in kleinen Krystallen, welche ausschliesslich das primäre Rhomboëder aufweisen.

Etwas entfernt hiervon gegen die Mitte des Serpentins zu beobachtet man abermals eine ähnliche Häufung von Adern, aber an Stelle des Kalkspaths findet man hier strahlige, buschige Warzen nadelförmiger Krystalle, welche auch die häufigen, glatt polirten Rutschflächen des Gesteins in radialen Aggregaten bekleiden, die wie plattgedrückt aussehen. Die einzelnen Krystalle sind äusserst dünntaflig, meist zerfasert und haben nur selten einigermassen deutliche, domatische Endflächen; beim Zerdrücken zerfallen die Aggregate sehr leicht zu diesen dünnen, perlmutterglänzenden Individuen, wodurch der Eindruck einer vollkommenen Spaltbarkeit hervorgebracht wird.

Eine eingehende optische und chemische Untersuchung zeigte, dass dieses beim Zerreiben in perlmutterglänzende Blättchen zerfallende Mineral Aragonit ist, dessen spec. Gew. zu 2,900 bestimmt wurde. Die krystallographische Untersuchung gab in Folge der äusserst schlechten Flächenbeschaffenheit der winzigen Krystalle keine Anhaltspunkte, da die gemessenen Winkelwerthe Abweichungen bis zu 6° zeigten, und die einzelnen Reflexe ganz verwaschen waren; doch sind die Krystalle im Allgemeinen sehr einfach, dünntaflig nach {010} mit {110} und selten deutlich ausgebildetem {111}. Häufig beobachtet man, dass auf den Spitzen der kleinen Nadeln wieder winzige Krystalle aufgespiesst sind, kleine, primäre Rhomboëder vom Kalkspath mit dem spec. Gew. = 2,723, also jedenfalls gleichfalls reines $CaCO_3$; die letzteren zeigen hin und wieder auch die Basis als Abstumpfung.

Die scheinbar vollkommene Spaltbarkeit des Minerals verbunden mit einem eigenthümlichen Löthrohrverhalten liess aber zunächst die Bestim-

mung als Aragonit zweifelhaft erscheinen. So oft man nämlich das mittelst Methylenjodid vom spec. Gew. = 2,85 gereinigte Material, das sich bei mikroskopischer Untersuchung als vollständig frisch und frei von fremden Beimengungen, namentlich von Serpentin, zu erkennen gab, vor dem Löthrohre im Kölbchen erhitzte, trat beim beginnenden Erweichen des Glases unter fast gleichzeitiger Umlagerung des Aragonits zu einem körnigen Aggregat von Kalkspath ein nasser Beschlag im Halse des Kölbchens auf, welcher die Vermuthung nahe legte, dass ein basisches Kalkcarbonat vorliegen würde, und der Anlass war, das hier beobachtete Mineral in chemischer und optischer Beziehung mit einer grösseren Anzahl von Stufen von Lancasterit von Lancaster, Texas, aus der Münchener Staatssammlung zu vergleichen.

Von letzterem Vorkommniss lagen zwei Ausbildungsformen vor, erstens radial angeordnete, zu warzenähnlichen Gebilden vereinigte Krystalle, den Vorkommnissen vom Scheidmoosgraben zum Verwechseln ähnlich, nur dass einzelne der Individuen etwas grösser und etwas weniger taflig nach {010} ausgebildet waren, sodann compacte Kluftausfüllungen, bestehend aus einem gleichfalls farblosen Mineral, welches perlmutterglänzende Spaltflächen aufwies. Das erstere hat ein spec. Gew. = 2,922 und ist ebenfalls Aragonit, gab aber ebenso wie das Salzburger Vorkommniss bei deutlicher Rothgluth eine geringe Menge Wasser ab unter gleichzeitiger Umwandlung in ein körniges Aggregat, das jedenfalls Kalkspath ist. Das zweite, welches leichter ist, — spec. Gew. = 2,320 — zersetzte sich schon bei sehr viel niederer Temperatur unter starker Wasser- und Kohlensäureentwickelung, welche von einem Zerstäuben der Bruchstücke begleitet war, und hinterliess einen matten, amorphen Rückstand, der nur wenig Kohlensäure enthielt. Wie aus den weiter unten angeführten chemischen und optischen Untersuchungen hervorgeht, ist das letztere Hydromagnesit.

Eine Reihe von chemischen Untersuchungen, welche eine directe Kohlensäure- und Wasserbestimmung in diesen verschiedenen Vorkommnissen nach der von Jannasch angegebenen und bei Silicaten mit so grossem Vortheil verwendeten Methode bezweckten, ergaben, dass diese Methode bei so schwer durch Hitze zersetzbaren Carbonaten, wie dies der Aragonit ist, keine vollständige Aufschliessung ermöglicht, während der Hydromagnesit, der eben an sich schon bei viel niedererer Temperatur Wasser und Kohlensäure verliert, dabei vollständig zerstört wird. Zum Behufe dieser Analysen wurde das Material zunächst mit dem Elektromagneten behandelt, und dann eine möglichst vollständige Reinigung mittelst Methylenjodid durchgeführt; hierauf wurde das Material fein gepulvert, während mehrerer Tage über Schwefelsäure und endlich im Thermostaten bei 100° getrocknet. Der Apparat, in welchem die Analysen ausgeführt wurden, war auf's Sorgfältigste nach den von Jannasch gegebenen Vorschriften zusammengesetzt, getrocknet und auf seine Luftdichtigkeit geprüft. Die Erhitzung wurde bis

zur beginnenden Erweichung der schwer schmelzbaren Glasröhren gesteigert und bei dieser Temperatur ½ bis 1 Stunde lang erhalten. Trotzdem war, wie die folgenden Zahlen zeigen, nur beim Hydromagnesit eine vollständige Zerlegung eingetreten, während die bei der Untersuchung der Aragonitvorkommnisse erhaltenen Zahlen einestheils das Vorhandensein einer kleinen, aber durchaus unerklärlichen Menge Wasser in allen Fällen zeigen, anderntheils den Beweis liefern, dass hier eine Kohlensäurebestimmung nach dieser Methode nicht zu brauchbaren Resultaten führt. Um jede Täuschung in Beziehung auf das Vorhandensein des Wassers in dem Mineral selbst auszuschliessen, wurde bei Analyse III nach der Beschickung des Apparates mit dem auf's Innigste durcheinander gerührten Gemenge von Bleichromat und Mineralpulver, das Glasrohr mit dem letzteren stark erhitzt unter gleichzeitigem Hindurchsaugen eines trockenen Luftstromes und dann erst die mit Bimstein und Schwefelsäure gefüllte Röhre eingefügt, die zur Aufnahme des Wassers bestimmt war. Aber auch diesmal zeigte sich nach dem einstündigen Glühen dieselbe räthselhafte Quantität Wasser. Im Folgenden gebe ich die bei diesen Untersuchungen erzielten Resultate, welche nur bei Hydromagnesit von Lancaster der Formel entsprechen, bei den Aragonitvorkommnissen aber um vieles zu niedrig ausgefallen sind. I, II und III wurden bei dem Aragonit vom Scheidmoosgraben, IV bei demjenigen von Lancaster, V bei dem Hydromagnesit von letzterem Fundorte erhalten.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Angewandt	0,8356 g	0,6794 g	0,9804 g	0,4608 g	0,6502 g
H_2O	1,00 %	1,29 %	1,41 %	1,57 %	19,51 %
CO_2	33,20	32,23	30,39	36,69	36,56

Anderntheils wurde das Mineral vom Scheidmoosgraben auf nassem Wege analysirt, nachdem der Glühverlust vor dem Gebläse im Platintiegel bestimmt war. Das Resultat ist:

Angewandt	0,7030 g
Glühverlust	43,82 %
CaO	55,68
MgO	0,20
	99,70 %

Ebenso wie diese Analyse stimmt das spec. Gew. dieses wie des amerikanischen Vorkommnisses mit Aragonit überein, und die sämmtlichen optischen Bestimmungen lassen keinen Zweifel an dieser Identität; es mag nur noch erwähnt werden, dass selbst die winzigsten Nadeln beider Vorkommnisse noch zahlreiche, nach dem Prisma eingelagerte Zwillingslamellen aufweisen, welche natürlich das optische Studium sehr erschweren.

Anhangsweise möchte ich hier auch noch die optischen Eigenschaften

des Hydromagnesits von Lancaster aufzählen, welche bei dieser Gelegenheit genauer studirt wurden, krystallographische Bestimmungen waren bei dem Fehlen jeder Krystallform hier natürlich ausgeschlossen.

Der Hydromagnesit von Lancaster ist monosymmetrisch, zeigt zahllose Zwillingslamellen nach der Querfläche, so dass seine Längsschnitte den Durchschnitten durch Plagioklase ähnlich sind. Die Spaltbarkeit ist vollkommen nach der Querfläche, und sehr häufig bestehen die Krystalle aus äusserst schmalen Individuen, welche nicht genau parallel nach der Symmetrieebene mit einander verwachsen sind, was die optischen Erscheinungen sehr unklar macht. Das Mineral löscht auf der Spaltfläche gerade aus, auf {010} um 33° gegen die Richtung der Spaltrisse geneigt. Die Axenebene ist die Symmetrieebene, die Dispersion schwach geneigt $\varrho < v$. Der Axenwinkel in Luft ist etwa = 85°, der Charakter der Doppelbrechung positiv. Die Lichtbrechung steht derjenigen des Canadabalsams sehr nahe, die Doppelbrechung hat ähnliche Intensität wie beim Quarz.

Um auf die Vorkommnisse vom Scheidmoosgraben zurückzukommen, möchte ich bemerken, dass das Vorkommen von Aragonit für die centralalpinen Serpentine neu ist, und dass die Verbindung dieses Minerals mit Kalkspath genetisch hohes Interesse bietet.

Ausser diesen Kluftsystemen, welche eine bedeutende Schaarung kleiner Gänge aufweisen, wurde in dem gleichen Serpentin noch ein ziemlich mächtiger Gang beobachtet, welcher aber den Silicatgängen in den Serpentinen anderer Vorkommnisse analog ist. Dieser Gang ist ausgefüllt von einem äusserst dichten, gelb bis grünlich geflammten Gestein von mattem Bruche, welches vermuthlich aus äusserst dichtem Chlorit besteht; dasselbe ist auf's Mannigfachste durchädert von grobschuppigen Aggregaten eines sehr lichtgrünen Chlorits, dessen einzelne Blättchen senkrecht auf dem Salband aufsitzen. Dieser Chlorit ist sehr frisch und besitzt eine ungewöhnliche Sprödigkeit, aber seine optischen Eigenschaften, sowie sein spec. Gew. = 2,734 lassen an seiner Zugehörigkeit zum Klinochlor keinen Zweifel. Ausser diesem Mineral findet man in den Adern noch kleine gelbliche bis lichtrothe Kryställchen von Epidot von Kalkspath umhüllt in geringer Zahl und sehr unvollkommener Ausbildung.

Vergleichen wir das abwechslungsreiche Bild, welches die früher beschriebenen Minerallagerstätten der centralalpinen Serpentine darbieten, mit diesen neuen Vorkommnissen, so erscheinen dieselben verhältnissmässig einförmig und ohne grössere Bedeutung. Und doch dürften sie einiges Interesse beanspruchen, nicht nur als Vervollkommnung unserer Kenntnisse der »alpinen Minerallagerstätten«, sondern auch wegen der neuen Gesichtspunkte, welche sich von denselben für die Auffassung der Neubildungen in den Serpentinen überhaupt ableiten lassen.

Von allen Funden, welche bis heute in so grosser Mannigfaltigkeit aus der Umgebung der Serpentingesteine beschrieben wurden, sind die oben besprochenen in hohem Maasse abweichend, und die geradezu diametral entgegengesetzte Zusammensetzung der beiden Lagerstätten ist eine so charakteristische, dass ich die Momente, welche dieselben meines Erachtens für die Erklärung der Minerallagerstätten der Serpentine darbieten, etwas deutlicher hervorheben möchte.

Die Vorkommnisse von den Todtenköpfen im Stubachthal, welche in den hauptsächlichsten Zügen mit der Zusammensetzung des Massengesteins selbst übereinstimmen, kann man am besten vergleichen mit den Pegmatiten, mit welchen sie in Auftreten und Structur grosse Aehnlichkeit aufweisen. Die Bedingungen, unter welchen dieselben entstanden sind, müssen sehr ähnliche gewesen sein, wie bei der Krystallisation der Stubachite selbst, worauf schon das Vorkommen der gesetzmässigen Verwachsungen von Olivin und Antigorit in beiden Bildungen hinweist, aber anderntheils spricht die Menge der vorhandenen Carbonate ebenso wie die massenhaften Vorkommnisse von Asbest gegen eine Entstehung der gangförmigen Neubildungen aus einem wie immer gearteten Schmelzflusse. Kurzum, die Verhältnisse im Auftreten dieser olivinreichen Gänge weisen auf diejenigen Processe hin, welche wir als postvulkanische bezeichnen, und zwar lassen sie sich am besten erklären durch die Annahme der intensivsten dieser postvulkanischen Epochen, durch die Epoche der Pegmatitbildung.

Auffallend erscheint nur, dass sich zwischen der Entstehung des Massengesteins, des Stubachits, und derjenigen dieser pegmatitartigen Bildungen eine Art von Zwischenact einschiebt, wie er bei anderen Gesteinen bisher nicht zur Beobachtung gelangt ist, und das ist die Serpentinisirung. Denn wir müssen nothwendigerweise annehmen, dass die ursprünglichen Olivingesteine zur Zeit der Entstehung der olivinführenden Gänge in demselben Stadium der Umwandlung sich befunden haben, wie dies heutzutage der Fall ist. Das Vorkommen schmaler, oft mikroskopischer Aederchen von frischem Olivin im vollständig fertigen, wie im halbumgewandelten Serpentin schliesst die Anschauung vollkommen aus, dass der Process der Serpentinisirung im Grossen der Verwitterung zugeschrieben werden könnte, was übrigens auch durch zahlreiche andere Beobachtungen durchaus unwahrscheinlich gemacht ist.

Wir haben also in der Reihenfolge der postvulkanischen Processe, zu welcher die Intrusion der Stubachite Anlass gab, als ersten zu unterscheiden die Umwandlung des Stubachites zu Serpentin, dann folgt die Bildung der olivinreichen, pegmatitartigen Gänge, welche an zahlreichen Punkten wohl durch einen späteren Serpentinisirungsprocess unkenntlich gemacht wurden. Weiterhin folgen eigentliche pneumatolytische und pneumatohydatogene Processe, deren Producte aber eine Mannigfaltigkeit aufweiser

wie wir eine solche bei keinem anderen Massengestein kennen. In diese Reihe gehören vor allem die Bildungen von Hornblende- und Serpentinasbest auf den Klüften der Gesteine, die zahlreichen Gänge von Talk, von Kalkthonerde- und Kalkmagnesiasilicaten mit ihren weitgehenden Veränderungen des umgebenden Massengesteins, die Lagerstätten von Meerschaum wie in Kleinasien, von Opal wie im Kremser Thal bei Budweis in Böhmen, von Chrysopras, Pimelith etc. wie bei Zülzendorf in Schlesien, von Magnesit wie bei Baumgarten in Schlesien und bei Kraubath in Steiermark, die Vorkommnisse von Dolomit aus dem Habachthal, Salzburg, und endlich von Aragonit und Kalkspath, welche oben beschrieben wurden. Diese abwechslungsreiche Liste, deren einzelne Glieder für sich wieder eine grosse Mannigfaltigkeit zeigen, und welche noch durch manches Beispiel vervollkommnet werden könnte, lässt meines Erachtens die Erklärung nicht zu, dass es sich bei denselben um secundäre, bei der Umwandlung der Serpentine als Nebenproducte abfallende Neubildungen handelt, sondern vielmehr ist es viel wahrscheinlicher, dass die in diesen Lagerstätten aufgespeicherten Stoffe von der Tiefe heraufgeführt wurden, nachdem die Serpentinbildung vollendet war. Denn die Umwandlung von Olivingesteinen in Serpentin ist an zahlreichen Punkten in grossartigem Maassstabe vor sich gegangen, ohne dass derartige Nebenproducte überhaupt aufzufinden wären, und es müsste bei dieser Umwandlung im einen Falle Kieselsäure, im anderen Falle Magnesia, in wieder anderen Thonerde, Kalk etc. überschüssig geworden sein, ein Verhältniss, dessen Annahme doch wohl nur durch höchst complicirte chemische Umsetzungen einigermassen plausibel gemacht werden könnte.

Die früher beschriebenen Minerallagerstätten der Serpentine des Gross-Venedigerstockes mit ihren weitgehenden chemischen Beeinflussungen des ursprünglichen Magnesiasilicatgesteins, welches sie durchsetzen, diese Umwandlungen ursprünglicher Olivinfelse in Aggregate von Chlorit, Granat, Vesuvian, Epidot etc., wie man sie in der Scharn in so grosser Mannigfaltigkeit beobachtet, und wie sie in noch grossartigerer Ausbildung im Pfitscher Thal an der Burgumer Alpe vorhanden sind, liefern aber einen ganz unzweifelhaften Beweis dafür, dass die Entstehung dieser Neubildungen mit dem Process der Serpentinisirung selbst nichts zu thun hat. Auch die Vorkommnisse vom Scheidmoosgraben glaube ich in diesem Sinne auffassen zu müssen. Nicht eine Auslaugung des benachbarten Kalkes kann zur Erklärung derselben herangezogen werden, denn die Erscheinung, dass aus derartigen atmosphärischen Lösungen sich in den Randzonen der Serpentine Kalkspath, im Kerne des Massengesteins aber Aragonit mit einer jüngeren Generation von Kalkspath abgesetzt hätte, bleiben dabei vollständig unverständlich. Vielmehr spricht gerade diese Erscheinung für eine innige genetische Verknüpfung der Carbonatgänge mit dem Massengestein,

in welchem sie auftreten. Wir haben allerdings bis heute noch keine auf systematischen Untersuchungen fussende Kenntniss der Umstände, welche die Entstehung von Aragonit resp. von Kalkspath befördern; aber überall, wo wir beide Mineralien in Verbindung mit einander beobachten, weisen, wie hier, alle Verhältnisse darauf hin, dass der Aragonit einer intensiveren Thätigkeit des Vulkanismus seine Entstehung verdankt.

Besonders merkwürdig ist ferner die Erscheinung, dass die Carbonate, welche auf den Klüften dieser reinen Magnesiasilicatgesteine auftreten, so gut wie ganz frei von Magnesia sind, und es zeigt sich hierin in ganz besonders typischer Weise eine Eigenthümlichkeit der centralalpinen Serpentingesteine an, welche dieselben als eine zusammengehörige »petrographische Provinz« sonstigen Vorkommnissen von Peridotit und Serpentin entgegenzustellen gestattet. Wenn man an sonstigen Localitäten Ablagerungen von Carbonaten auf den Klüften der Serpentine beobachtet, so sind es Magnesit, Hydromagnesit, sehr selten auch Dolomit, welche zumeist von Brucit begleitet werden. In den Neubildungen innerhalb der centralalpinen Serpentine aber fehlen kalkfreie Magnesiacarbonate vollständig, während dagegen magnesiafreie Kalkcarbonate deren Rolle übernommen haben. Und ganz ähnliche Unterschiede bieten sich dar, wenn wir die neugebildeten Silicate auf den Klüften der Serpentine überblicken; in den normalen Serpentinen herrschen magnesiareiche Silicate vor, Neubildungen von Chrysotil, von Meerschaum, von Talk sind die gewöhnlichsten Erscheinungen, zu welchen sich noch magnesiareiche Thonerdesilicate wie der Pimelith gesellen. In den centralalpinen Bildungen aber ist mit Ausnahme der olivinführenden Gänge, welche, wie schon oben ausgeführt, eine etwas gesonderte Stellung einnehmen, an den Platz des Chrysotils Hornblendeasbest getreten; der Talk ist recht selten, und die Hauptmasse der neugebildeten Silicate sind Kalkmagnesiasilicate oder vollständig magnesiafreie Kalkthonerdesilicate. Die Neubildungen innerhalb der centralalpinen Serpentine sind also charakterisirt durch ein starkes Zurücktreten der Magnesia auf Kosten von Kalk und Thonerde, und schon diese Erscheinung allein spricht gegen die Auffassung derselben als Lateralsecretionsproducte.

XXVII. Meerschaum von Eskishehir in Kleinasien.

Von

E. Weinschenk in München.

Die Zusammensetzung des Meerschaums ist insofern noch nicht vollständig klar gestellt, als die Analysen dieses Minerals in Beziehung auf den Wassergehalt sehr verschiedene Resultate ergaben, ohne dass mit Sicherheit die Ursache dieser Unregelmässigkeit nachgewiesen worden wäre. Eine erneute Untersuchung wurde daher von Herrn Prof. Groth angeregt, als einige Prachtstufen von Meerschaum durch die freundliche Vermittelung von Herrn E. Naumann aus den altbekannten Gruben bei Eskishehir zwischen Brussa und Angora an der anatolischen Bahn in Kleinasien an die kgl. bayerische Staatssammlung gelangten.

Ueber das Vorkommen des Meerschaums in Kleinasien wurde schon mannigfach berichtet, und Herr E. Naumann[1]) bestätigte vollkommen die Angaben über das Auftreten desselben in zackigen und eckigen Putzen in einem zähen, braunrothen Letten, welcher durch Austrocknen hart und rissig wird. Derartige Ablagerungen treten ausser bei Eskishehir noch an verschiedenen Stellen in Kleinasien auf; sie stehen nach E. Naumann allenthalben in Beziehung zu Serpentinhügeln, welche durch das Vorkommen ungemein zahlreicher Magnesitgänge und Chromitputzen ausgezeichnet sind, aber nur selten gelingt es, den Meerschaum auf primärer Lagerstätte im Serpentin zu beobachten, mit dessen Entstehung er sicher in Zusammenhang gebracht werden muss. E. Naumann beobachtete Derartiges östlich von Erenkiöi am Ausgehenden einiger Magnesitgänge, doch werden auch dort ausschliesslich die Vorkommnisse auf secundärer Lagerstätte aus gebeutet.

Ueber die Entstehung des Meerschaums lassen sich mit Ausnahme der sicher nachweisbaren genetischen Beziehungen zum Serpentin keine Anhaltspunkte gewinnen, doch scheint es an sich unwahrscheinlich, dass der-

1) E. Naumann, Vom Goldenen Horn zu den Quellen des Euphrat. München und Leipzig 1893. X. Capitel. Die Meerschaumgruben.

selbe durch Umbildung aus dem Magnesit hervorgegangen sein soll, indem einestheils die äusserst dichte und compacte Beschaffenheit des Magnesits circulirenden Lösungen nur schwierig den Durchgang gestatten würde, anderntheils die feinporige Textur des Meerschaums selbst so ausserordentlich charakteristisch und gleichbleibend ist, was wohl kaum auf ein besonders compactes Muttermineral schliessen lässt. Vielmehr ist anzunehmen, dass der Meerschaum eine dem Magnesit durchaus gleichwerthige Bildung darstellt, welche ebenso wie dieser mit postvulkanischen Processen in Verbindung gebracht werden muss.

Auch die mikroskopische Untersuchung liefert keine neuen Gesichtspunkte. Unter dem Mikroskope erscheint das Mineral als ein sehr dichtes Aggregat von fasriger, oft etwas sphärolithenartiger Beschaffenheit, der Grundmasse gewisser Quarzporphyre nicht unähnlich, dessen einzelne Elemente schwache Doppelbrechung aufweisen; doch lassen sich bei der Kleinheit derselben weitere optische Bestimmungen nicht durchführen. Auch die Form der Poren entzieht sich der mikroskopischen Beobachtung vollständig, was vielleicht mit der geringen Grösse der letzteren zusammenhängt, vielleicht aber auch mit der Eigenschaft des Meerschaums, beim Schleifen oder Schneiden zu schmieren, wodurch überhaupt die Structur desselben undeutlich wird. Auch durch Imprägnation mit Farbstoffen konnten in dieser Beziehung keine Resultate erlangt werden. Der Meerschaum nimmt, mit alkoholischer Lösung von Farbstoffen im Vacuum behandelt, dieselben zum Theil (Eosin, Pikrinsäure, Brillantgrün) mit grosser Leichtigkeit und sehr gleichmässig auf, zum Theil zieht er aus den Lösungen (Methylenblau) den Alkohol aus und lagert den Farbstoff in scharf abgegrenzten Randzonen in concentrirter Form ab, welche sich nur bei längerem Behandeln im Vacuum verbreitern, stets aber durch eine scharfe Linie von dem ungefärbten, aber mit Alkohol vollgesogenen Kerne sich abgrenzen.

Von Salzsäure wird der Meerschaum unter Ausscheidung gallertiger SiO_2 leicht zersetzt, ebenso lösen ihn Alkalien schon bei gewöhnlicher Temperatur auf. Mit Wasser quillt er bedeutend auf und lässt sich dann zu einer seifenartigen, plastischen Masse zerreiben.

Im Kölbchen giebt das lufttrockene Material schon unter 100° viel Wasser ab, bleibt aber in seinen optischen Verhältnissen auch dann vollständig unverändert, wenn es lang andauernd bei 300° getrocknet worden ist. Bei dunkler Rothgluth geht wieder eine bedeutende Menge Wasser weg, und nun ist der Rückstand vollständig amorph geworden; endlich schmilzt das Mineral äusserst schwierig an den Kanten zu weissem Email.

Die Erscheinung, dass durch den sehr bedeutenden Wasserverlust bei 100° eine Aenderung der optischen Eigenschaften nicht eintritt, halte ich für einen unzweifelhaften Beweis dafür, dass das bei dieser Temperatur weggehende Wasser mit der Constitution des Minerals nichts zu thun hat,

sondern vielmehr als hygroskopisch betrachtet werden muss, wie ja schon an sich die äusserst fein poröse Beschaffenheit desselben es wahrscheinlich macht, dass es sehr hygroskopisch ist.

Es wurden einige quantitative Bestimmungen des Gewichtsverlustes bei verschiedenen Temperaturen mit möglichst reinem Material ausgeführt. Bei einem ersten Versuche wurden 0,4410 g vollständig lufttrockner Substanz 48 Stunden lang im Vacuum über Schwefelsäure behandelt, Gewichtsverlust 0,0633 g = 14,35 %. Im Luftbade bei 110° veränderte sich das Gewicht nach zweimal sechsstündiger Behandlung nicht weiter; bei 210° gingen weitere 0,88 % weg, bei 300° blieb das Gewicht wiederum constant. Ein Theil der Probe wurde nun mikroskopisch untersucht, und es zeigte sich, wie schon oben bemerkt wurde, dass das Mineral vollständig unverändert war. Zu einem zweiten Versuche wurde Material verwendet, welches mehrere Tage über Chlorcalcium aufbewahrt worden war; Gewichtsverlust bei 210° 9,75 %. Ferner wurden 0,3563 g bei 210° getrockneter Substanz ½ Stunde lang einem heftigen Gebläsefeuer ausgesetzt, Gewichtsverlust 12,00 %; endlich ergab eine directe Wasserbestimmung von 0,6315 g bei 210° getrockneter Substanz durch Erhitzen mit Bleichromat 12,10 % H_2O. Aus diesen Bestimmungen ergiebt sich unzweifelhaft, dass das unter 300° weggehende Wasser nur als physikalisch gebunden zu betrachten ist und dem Meerschaum als solchem nicht angehört. Da nun ferner die besseren unter den älteren Analysen übereinstimmend das Verhältniss von $MgO : SiO_2 = 2 : 3$ angeben, so dass hierüber ein Zweifel überhaupt nicht besteht, so ergiebt sich als Formel des Meerschaums $H_4Mg_2Si_3O_{10}$, welche 12,15 % H_2O verlangt.

XXVIII. Fuggerit, ein neues Mineral aus dem Fassathal.

Von

E. Weinschenk in München.

Als ich vor mehreren Jahren einige Orientirungstouren im Gebiete des Monzoni ausführte, fand ich unter anderem am Aufstieg aus dem Monzonithal nach Le Selle zu ein neues Mineralvorkommen, welches direct am Contact mit dem hier fast dicht erscheinenden und durch einen ungewöhnlichen Reichthum an Magnetkies und Titanit ausgezeichneten Monzonit durch einen neuen Wegbau aufgeschlossen war. Dem Monzonit zunächst beobachtet man vollkommen dichte, weisse, seltener auch durch Einschlüsse von kohliger Substanz schwärzlich geflammte Hornfelse von ziemlicher Härte und splittrigem Bruche, in welchen einzelne, mit Calcit erfüllte Nester kleine Krystalle eines gehlenitähnlich aussehenden, lichtapfelgrünen Minerals erkennen lassen, das sich bei späterer mikroskopischer Prüfung auch als wesentlichster Bestandtheil der Hornfelse ergab. In etwas weiterer Entfernung — 10—20 cm von dem Monzonit — erschien die ganze Masse aus einem etwas gröber körnigen, oft auch an Calcit reichen Aggregate dieses Minerals zusammengesetzt, an welchem schon bei oberflächlicher Betrachtung eine vollkommene Spaltbarkeit auffallend erschien. An einzelnen Stücken, welche in einer kleinen Wasserrinne lagen, war der umhüllende Calcit weggelaugt und die einzelnen, bis einen halben Centimeter im Durchmesser aufweisenden Krystalle erschienen dadurch freigelegt. Diese Krystalle aber sind weisslich, matt und trübe, und zeigen alle Anzeichen weitgehender Zersetzung, während das Mineral in dem Gestein selbst vollkommen frisch ist und keine Spur einer Umwandlung erkennen lässt.

Diese freigelegten Krystalle, ebenso wie die später künstlich isolirten, stellen sich als ziemlich dicke, tetragonale Tafeln dar, an denen ausser der

Basis, welche zugleich Ebene vollkommener Spaltbarkeit ist, nur noch ein anscheinend tetragonales Prisma beobachtet wurde. Die Flächen selbst sind selten glänzend, meist löcherig und uneben, so dass krystallographische Messungen kein das System derselben entscheidendes Resultat haben konnten.

Die für ein Mineral der Gehlenitgruppe ungewöhnlich vollkommene Frische, ebenso wie die gute Spaltbarkeit und die später zu besprechenden, eigenartigen optischen Eigenschaften des Minerals, welche der Dünnschliff enthüllte, liessen eine genauere Untersuchung desselben interessant erscheinen, zumal im Vergleich mit den ausführlichen Studien von J. H. L. Vogt[1]) an den Mineralien der »Gehlenit-Åkermanit-Reihe«, welche die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften dieser Mineralien von ihrem Mischungsverhältnisse auf so überzeugende Weise klar legten. Doch wurden diese Untersuchungen damals durch andere Arbeiten in den Hintergrund gedrängt, und erst jetzt, nach Abschluss der letzteren, konnten sie zu Ende geführt werden.

Die Aehnlichkeit, welche das Mineral in seiner Ausbildung und seinem Aussehen mit dem Gehlenit hat, bestätigte die qualitative Analyse; es konnten in demselben nur die Bestandtheile des Gehlenits nachgewiesen werden. Aber im Verhalten gegen Säuren zeigten sich doch wieder einige charakteristische Unterschiede. Die Zersetzlichkeit des Minerals scheint um vieles höher, als das beim Gehlenit der Fall ist, und nicht nur sehr verdünnte Salzsäure, auch verdünnte Essigsäure, Weinsäure und Citronensäure wirken schon in der Kälte stark ein, dabei scheidet sich die Kieselsäure in Pulverform und nicht, wie das für den Gehlenit so charakteristisch ist, gelatinös ab. Ja selbst schon durch längeres Stehen mit destillirtem Wasser werden die Krystalle weiss und trübe und verlieren ihre Härte, ganz ähnlich den durch die Atmosphärilien herausgeätzten Krystallen. Eine Isolirung von Material auf chemischem Wege für eine quantitative Analyse erschien daher äusserst schwierig, und mit rein mechanischen Mitteln liess sich dieselbe gleichfalls nicht durchführen, da die mikroskopische Untersuchung winzige Einschlüsse von Kalkspath in grösster Menge erkennen liess. Endlich gelang es durch Anwendung von verdünnter Chlorsäure, auf welche mich Herr Prof. Muthmann aufmerksam machte, aus dem fein pulverisirten Gemenge, das vorher mechanisch von den gröberen Unreinheiten befreit war, den Kalkspath fast spurlos zu entfernen, ohne gleichzeitig das Mineral selbst einer Zersetzung preiszugeben.

Das specifische Gewicht des neuen Minerals wurde an zwei verhältnissmässig reinen Krystallen, welche aber immer noch kleine Mengen von Calcit umschlossen, zu 3,175—3,180 mittelst Methylenjodid und der West-

1) J. H. L. Vogt, Beiträge zur Kenntniss der Mineralbildung in Schmelzmassen etc. (Arch. for Math. og Naturvid. 1890, 13, 96). Ref. diese Zeitschr. 21, 168.

phal'schen Wage bestimmt, es dürfte also in der That noch um ein Geringes höher sein. Nach der Behandlung mit dem Elektromagneten wurde daher zur mechanischen Trennung verdünntes Methylenjodid vom spec. Gew. 3,170 verwendet, in welchem ein grosser Theil des angewandten, vollständig frischen Mineralpulvers in durchschnittlicher Korngrösse von 0,01—0,02 mm untersank. Dieses Material wurde sorgfältig ausgewaschen und sodann mit verdünnter Chlorsäure übergossen, welche mehrfach erneuert wurde, bis beim Zugeben neuer Säure keine CO_2-Entwickelung mehr eintrat. Endlich wurde der Rückstand mehrfach mit Wasser ausgewaschen und mit Alkohol und Aether und dann im Dampfkasten getrocknet. Das so isolirte Pulver erwies sich bei der mikroskopischen Durchmusterung als nahezu vollkommen rein und bestand aus lauter kleinen, perlmutterglänzenden, klar durchsichtigen Spaltblättchen.

Durch die freundliche Vermittelung des Hrn. Prof. Muthmann wurde von dem so gereinigten Material im hiesigen chemischen Universitätslaboratorium von Herrn Cand. chem. Ernst Mayr eine quantitative Analyse nach der Methode von Jannasch durch Aufschliessen mittelst Borsäure ausgeführt (I.); unter II. folgen die Zahlen, welche mir einige Controlbestimmungen ergaben, wozu das Mineral in HCl gelöst worden war.

	I.	II.
Unlösl.	0,12 %	—
SiO_2	34,04	33,85 %
Fe_2O_3	3,49	3,56
Al_2O_3	17,97	17,41
MgO	4,89	
CaO	37,65	
MnO	Spur	
K_2O	Spur	
Na_2O	2,04	
	100,20	

Von den verschiedenen Analysen von Gehlenit, welche bisher an natürlichen Vorkommnissen ausgeführt wurden, weicht das Resultat dieser Untersuchungen erheblich ab, aber um so interessanter ist die nahezu vollkommene Uebereinstimmung mit einem Gliede der Gehlenit-Åkermanit-Reihe, dessen nächste Verwandte Vogt aus Schlacken eingehender untersucht hat. Folgende Zusammenstellung zeigt dies auf's Deutlichste, wobei unter I. das Mittel der beiden obigen Bestimmungen auf 100 % berechnet, gegeben ist, unter II. das daraus berechnete Molekularverhältniss, unter III. endlich das Molekularverhältniss, welches dem Mischungsgliede 3 Åk + 10 Gehl der Reihe Vogt's entspricht.

	I.		II.	III.
SiO_2	34,03 %		0,566	0,566
Fe_2O_3	3,54	0,022	0,195	0,196
Al_2O_3	17,74	0,173		
MgO	4,90	0,122	0,826	0,821
CaO	37,75	0,671		
Na_2O	2,04	0,033		
	100,00			

Vergleicht man aber die physikalischen Eigenschaften, welche dem Gliede der Gehlenit-Åkermanit-Reihe 3 Åk + 10 Gehl zukommen, mit denjenigen des hier untersuchten Minerals, so findet man allenthalben Abweichungen, welche so bedeutend sind, dass die Nichtzugehörigkeit unseres Minerals zu jener Gruppe über jeden Zweifel bewiesen wird. Dasselbe dürfte ein Glied einer mit der Gehlenit-Åkermanit-Reihe dimorphen Reihe darstellen, deren krystallographische Eigenschaften aber nicht mit Sicherheit festzustellen sind. Am wahrscheinlichsten ist es, dass diese Reihe gleichfalls im tetragonalen System krystallisirt, einen sicheren Anhalt dafür aber bieten weder die krystallographischen noch die optischen Bestimmungen. Jedenfalls aber folgt aus den gesammten physikalischen Eigenschaften dieses Minerals, welche im Folgenden ausführlicher besprochen werden, dass dasselbe einen neuen Typus darstellt, und ich bezeichne es mit dem Namen Fuggerit, zu Ehren von Prof. E. Fugger in Salzburg, welchem die alpine Mineralogie und nicht zum Mindesten meine Untersuchungen im Gebiete des Gross-Venedigers so viele Anregung und Förderung verdanken.

Wenn wir die physikalischen Eigenschaften des Mischungsgliedes der Gehlenit-Åkermanit-Reihe 3 Åk + 10 Gehl mit denjenigen des Fuggerits vergleichen wollen, so können wir das Verhalten des ersteren aus den beiden von Vogt näher untersuchten Mischungsgliedern 3 Åk + 7 Gehl und 2 Åk + 8 Gehl ableiten, zwischen welchen es einzuschalten wäre.

Das Mischungsglied 3 Åk + 10 Gehl wird durch Hitze nicht verändert, ist aber auch nicht allzu schwer schmelzbar, der Fuggerit brennt sich schon im Bunsenbrenner weiss und wird aggregatpolarisirend, ist aber fast unschmelzbar; das erstere spaltet »deutlich« nach {001}, »ziemlich deutlich« nach {110}, der Fuggerit besitzt einen sehr vollkommenen Blätterdurchgang nach {001}, keinen nach {110}. Auch in der Härte sind Unterschiede vorhanden, indem der Fuggerit Feldspath noch leicht ritzt, also etwa 6,5 hat, während die Mineralien der Gehlenit-Åkermanit-Reihe nicht über 6 hinausgehen.

Was das specifische Gewicht betrifft, so ist in dieser Beziehung die abweichende Beschaffenheit des Fuggerits noch mehr in die Augen springend. Das basischste Glied der Vogt'schen Reihe, der Gehlenit selbst,

hat ein specifisches Gewicht von höchstens 3,05, das zum Vergleich in Betracht zu ziehende höchstens 2,98—3,00, während das specifische Gewicht des **Fuggerits** zum mindesten 3,18 ist. Und ganz ebenso ist es mit den optischen Eigenschaften. Das öfters angeführte Glied der Gehlenitgruppe müsste eine Lichtbrechung haben, welche zwischen 1,629 und 1,660 liegt und etwa 1,645—1,65 beträgt, für das vorliegende Mineral wurde mittelst des kleinen, von A. J. **Moses** und dem Verfasser[1]) früher beschriebenen Totalreflectometers $\omega_{Na} = \varepsilon_{Na} = 1,691$ an einer sehr gut spiegelnden, basischen Platte bestimmt.

Hieraus ergiebt sich gleichzeitig, dass der **Fuggerit** für *Na*-Licht optisch isotrop ist, während dem normalen Gliede der Gehlenitgruppe eine negative Doppelbrechung von 0,005—0,006 zukommt. Auch für die übrigen Farben ist die Doppelbrechung des **Fuggerits** ganz ausserordentlich gering, so zwar, dass weder im Lithium- noch im Thalliumlichte irgend welche Aufhellung selbst in dickeren Schliffen beobachtet werden konnte. Dass aber Isotropie nur für Gelb stattfindet, das beweisen die anomalen Interferenzfarben, welche Schnitte senkrecht zu {001} darbieten. In dünnen Schliffen von 0,03—0,04 mm erscheint zwischen gekreuzten Nicols das Mineral bei kurzer Betrachtung vollkommen dunkel; wenn man aber unter Fernhaltung jeden störenden Nebenlichtes eine Stelle des Präparates minutenlang fixirt, so sieht man tiefdunkelblaue Töne aus der Dunkelheit heraustreten. In Schliffen von 0,1 mm bis 0,15 mm erscheint ein lebhaftes, kräftiges Indigo, welches schon durch die Eigenschaft, dass es das Roth I. Ordnung nur wenig ändert, als eine äusserst niedere Interferenzfarbe zu erkennen ist. Es ist dies dieselbe Farbe, welche von **Klein**[2]) am **Apophyllit** und **Vesuvian** beobachtet wurde, welche für *Na*-Licht isotrop sind, und die eben dadurch entsteht, dass in Folge des optisch isotropen Verhaltens für gelbes Licht diese Farbe stets vollkommen vernichtet wird, für die Interferenz also nur der übrige Theil des Spectrums in Frage kommt.

Von den Varietäten des Apophyllits und Vesuvians, welche für *Na*-Licht optisch isotrop sind, unterscheidet sich aber der Fuggerit durch die äusserst geringen Unterschiede in der Doppelbrechung für die einzelnen Farben, so dass einestheils der optische Charakter des Minerals für die beiden Enden des Spectrums nicht festgestellt werden konnte, da, wie schon bemerkt, selbst ziemlich dicke Schliffe ⊥ {001} keine merkliche Aufhellung im monochromatischen Lichte zeigen. Anderntheils konnte im convergenten polarisirten Lichte ein deutliches Axenbild selbst mit einer ziemlich dicken Platte ‖ {001} nicht erhalten werden, und daher bleibt die Frage, ob das Mineral optisch einaxig oder zweiaxig ist, unentschieden. Einzelne Partieen

1) Vergl. diese Zeitschr. 26, 150.

2) C. Klein, Mineralogische Mittheilungen. XIV. N. Jahrb. Mineral. 1895, 2, 68.

der Platte zeigen zwar im parallelen polarisirten Lichte betrachtet unregelmässige Aufhellung; dieselbe ist aber durchaus nicht einheitlich und wohl eher durch winzige Lamellen von Calcit hervorgebracht, von welchem das Mineral allenthalben durchwachsen ist. Es liegt also auch in den optischen Verhältnissen kein Grund vor, welcher gegen das tetragonale Krystallsystem des Fuggerits sprechen würde.

Die grosse Uebereinstimmung in der Ausbildung des neuen Minerals mit dem Gehlenit, wie die chemische Gleichheit mit dem Gliede 3 Åk : 10 Gehl der Vogt'schen Gehlenit-Åkermanit-Reihe machen es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass der Fuggerit dieser Gruppe von Mineralien nicht sehr fern steht; aber die bedeutenden Unterschiede in seinem physikalischen Verhalten gegenüber den Mineralien jener Gruppe zeigen unzweifelhaft, dass er derselben nicht angehört. Man wird daher mit der Annahme der Wahrheit am nächsten kommen, dass der Fuggerit ein Glied einer mit der Gehlenit-Åkermanit-Reihe dimorphen Reihe von Mineralien ist, welche vermuthlich ebenso wie jene im tetragonalen System krystallisirt, in welcher ebenso wie dort Glieder vorhanden sind, welche für einzelne Farben optisch isotrop sind.

Die Mineralien dieser Reihe besitzen aber eine sehr geringe Beständigkeit, wie sie bei einem wasserfreien Silicat bis jetzt noch nicht beobachtet wurde, und man wird sie daher nur unter besonders günstigen Bedingungen, wie solche neue Anbrüche darstellen, in frischem Zustande zu finden hoffen dürfen; in zersetztem sind sie natürlich vom eigentlichen Gehlenit nicht zu unterscheiden.

Diese Studien wurden im mineralogischen Institute der Universität München ausgeführt, und ich möchte mir erlauben, dem Leiter desselben, Herrn Prof. Groth, für mannigfache Rathschläge bei ihrer Ausführung meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

München, October 1896.

XXIX. Zur Symmetrie der Krystalle.

Vierte Mittheilung[1]).

Von

J. Beckenkamp in Mühlhausen i. Els.

(Mit 1 Textfigur.)

5. Baryt.

α) Hemimorphe Ausbildungen.

Wie ich bereits früher[2]) erwähnt, sind beim Baryt schon öfter Ausbildungen beobachtet worden, die mit der holoëdrischen Symmetrie des rhombischen Systems nicht übereinstimmen. U. a. erwähnt Reuss[3]), dass manche Barytkrystalle, z. B. von Dufton, oftmals eine hemimorphe Ausbildung zeigen; dasselbe fand Schrauf, jedoch in anderer Richtung, an Krystallen von Felsöbanya. W. G. Hankel[4]) fand an drei Krystallen von Dufton und an vier Krystallen aus der Auvergne eine geometrische Hemimorphie nach der Brachydiagonale. A. H. Chester[5]) beschreibt ebenfalls nach der Brachydiagonale hemimorphe Barytkrystalle von De Kalb etc.

β) Zwillinge nach einer zur Basis vicinalen Pyramide.

Gar nicht selten beobachtet man auf den natürlichen Prismenflächen einspringende oder ausspringende horizontale Kanten, die auf eine Zwillingsbildung nach der Basis hinzudeuten scheinen. Durch Spaltung kann man dann zuweilen leicht messbare Zwillingsplatten parallel {110} erhalten[6]). Ich fand die Erscheinung an Krystallen von verschiedenen Fundorten. Gemessen

1) Die nachstehenden Beobachtungen über das geometrische und physikalische Verhalten des Baryt habe ich bereits im Jahre 1889 vorgenommen und kürzere Notizen darüber an verschiedenen Stellen, so z. B. in meiner Mittheilung: Anomalien der Krystalle (Beilage zum dreizehnten Jahresbericht der Mittelschule zu Mühlhausen 1889) veröffentlicht. Durch Ueberhäufung mit dienstlichen Arbeiten war es mir leider nicht möglich gewesen, dieselben früher in ausführlicher Weise bekannt zu geben.

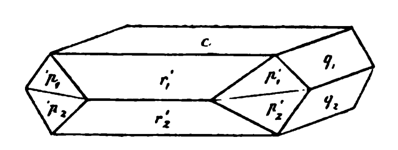
2) Diese Zeitschr. 17, 321.   3) Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1869, 59.

4) Elektrische Untersuchungen. 9. Abhandlung: Ueber die thermoëlektrischen Eigenschaften des Schwerspathes 1871, 278.   5) Diese Zeitschr. 14, 297.

6) Herr A. Nies (Mainz), der meine früheren kürzeren Mittheilungen über den Baryt nicht kannte, zeigte solche einspringende Winkel auf den natürlichen Prismen-

habe ich hauptsächlich Krystalle von Přibram und Cumberland. Die durch Spaltung erhaltenen Prismenflächen, welche jene ein- oder ausspringenden Winkel zeigen, geben in der Regel nur je zwei scharfe Bilder.

Mitunter liegen auch zwei Krystalle mit der Basis so aufeinander, dass es den Anschein hat, als läge nur eine ungenaue parallele Verwachsung vor. Eine dritte Ausbildungsart lässt äusserlich nur ein Individuum erkennen, indem die natürliche Prismenfläche für beide übereinanderliegende Hälften ein einheitliches Aussehen hat. In allen Fällen erkennt man beim Messen der Winkel zwischen den beiden Flächen des Makrodomas $r' = \{102\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$ oder den Flächen des Brachydomas $q = \{011\}\breve{P}\infty$ die Zwillingsbildung sehr leicht (siehe Figur).



Da die gefundenen Winkelwerthe auf eine Zwillingsbildung nach einer sehr flachen Pyramide hindeuten, so muss man sich die Frage vorlegen, ob überhaupt hier eine Zwillingsbildung nach einem festen Gesetze oder nur eine ungenaue parallele Verwachsung vorliegt. Die von mir gefundenen Winkelwerthe sprechen für die erstere Annahme, da ich die Neigung der beiden Krystallhälften gegen einander fast constant fand. So z. B. schwankte der einspringende bezüglich ausspringende Winkel auf der einen Prismenfläche bei allen von mir untersuchten Fällen nur zwischen 1°10′ und 1°19′.

Aus den Beobachtungen folgt als Zwillingsebene eine Fläche $x = \{2.1.128\} = \frac{1}{64}\bar{P}2$.

Legt man das von mir früher[1]) für den Baryt von Oberschaffhausen bestimmte Axenverhältniss $a : b : c = 0,81509 : 1,30992$ zu Grunde, dann ergiebt der Vergleich zwischen den beobachteten und berechneten Werthen Folgendes:

		bei den einfach. Kryst. berechnet:	bei den Zwillingen berechnet:	bei den Zwillingen gem. im Mitt.:
vorn links ausspringend	$'p_1 : 'p_2 = (1\bar{1}0):(1\bar{1}0) =$	0°	1°28′	1°14′[2])
vorn rechts ausspringend	$p_1' : p_2' = (110):(110)$	0	3 5	2 52

flächen an Krystallstufen von Cumberland neuerdings bei Gelegenheit der Naturforscherversammlung. Es war ihm indessen nicht gelungen dieselben zu messen, und wohl infolge dessen erwähnte er zur Erklärung der Erscheinung Hemimorphie und Zwillingsbildung nach der Basis oder monoklines Krystallsystem, ohne sich jedoch bestimmt über die eine oder andere Deutung auszusprechen.

1) Diese Zeitschr. **13**, 27.

2) Der berechnete Werth 1° 28′ liegt ausserhalb der beobachteten Werthe; ich habe trotzdem mich für das Zeichen {2.1.128} entschieden, weil dann die Indices im Verhältniss von Potenzen von 2 stehen.

		bei den einfach. Kryst. berechnet:	bei den Zwillingen berechnet:	bei den Zwillingen gem. im Mitt.:
vorn oben gegen vorn unten	$r_1' : r_2' = (102):(10\bar{2})$	102° 26′	104° 46′	105° 16′
rechts unten gegen rechts oben	$q_1 : q_2 = (011):(01\bar{1})$	74 42	75 50	75 27

γ) Zwillinge nach einem zum Brachypinakoid vicinalen Brachydoma.

Ausser den vorhin erwähnten einspringenden Winkeln auf den Prismen fand ich an Krystallen von Cumberland auch ähnliche Erscheinungen auf Spaltflächen nach der Basis. Hier fand ich bei verschiedenen Krystallen schwache einspringende bezüglich ausspringende Kanten, welche genau parallel mit der *a*-Axe verlaufen. Diese Erscheinung scheint nicht ganz so häufig zu sein wie die vorige; die Winkelwerthe waren aber bei meinen Beobachtungen noch constanter als im vorigen Falle; sie schwankten zwischen 25′ und 31′, die besten Werthe waren 28′. Es liegt also auch hier keine zufällige unvollkommen parallele Verwachsung vor, sondern Zwillingsbildung nach einem bestimmten Gesetze, etwa Zwillingsebene das Brachydoma $\{0.300.1\} = 300\breve{P}\infty$. Dieses verlangt einen Winkel von rund 28′.

Es braucht wohl kaum darauf hingewiesen zu werden, dass eine Hemimorphie nach zwei verschiedenen Axenrichtungen für ein und dasselbe rhombische Mineral der augenblicklich herrschenden Theorie der geometrischen Krystallographie widerspricht.

Ein besonderes Interesse bieten auch die beiden soeben angegebenen Zwillingsgesetze. Zwillinge nach der Basis sind bei einem rhombisch-holoëdrisch gedachten Krystalle ebenfalls unmöglich. Würden sich zwei Individuen symmetrisch nach der Basis aneinander lagern, so hätten wir bei einem rhombisch-holoëdrisch gedachten Krystalle nur eine parallele Verwachsung, also gewissermassen nur einen einzigen Krystall. Da wir es mit aufgewachsenen Krystallen zu thun haben, so ist an eine nachträgliche homogene Deformation nach einer Gleitfläche durch äusseren Druck nicht zu denken; es ist mir auch in keinem Falle gelungen, eine solche künstlich herzustellen. Es müssen also schon bei der Bildung an der Grenzfläche zwischen den beiden Hälften gewisse störende Kräfte vorhanden gewesen sein, welche eine symmetrische Anordnung derselben nach der Basis, die doch viel natürlicher erscheint, verhinderten. Genau dasselbe gilt auch für die Zwillinge nach dem Brachydoma.

XXX. Mittheilungen aus dem mineralogischen Museum der Universität Bonn.

VIII. Theil.

Von

H. Laspeyres in Bonn.

(Mit 2 Textfiguren.)

---

51. Die steinigen Gemengtheile im Meteoreisen von Toluca in Mexico.

Im sechsten Theile dieser Mittheilungen wurde unter Nr. 36 [1]) ausgeführt, dass die bald einzeln, bald in körnigen Anhäufungen im Meteoreisen von Toluca vorkommenden steinigen Gemengtheile besonders nach dem mikroskopischen Befunde als Zirkon, Quarz, Plagioklas, Orthoklas, Granat, Augit, Olivin und Apatit theils sicher bestimmt werden konnten, theils als solche angesprochen werden müssen.

Mit Ausnahme des vermeintlichen Apatit, der nur als winzige, doppeltbrechende, prismatische Mikrolithen in den anderen Gemengtheilen sich findet, des Zirkon, der immer in wohlausgebildeten und oft flächenreichen Krystallen sich zeigt, und des Quarz, dessen bröckelige Krystalle gern zu eckigen Bruchstücken zerfallen, finden sich die genannten Gemengmineralien nur in unregelmässigen, scharfkantigen Bruch- oder Spaltstücken.

Um die in Meteoriten bis dahin noch nicht sicher beobachteten, sondern nur unter dem Mikroskope erkannten und deshalb noch anfechtbaren Mineralien: Orthoklas, Apatit, Zirkon auch auf chemischem Wege durch den Nachweis des Kali, der Phosphorsäure und der Zirkonerde im Lösungsrückstande des Toluca-Eisens zu bestätigen, hatte ich damals die Auflösung grösserer Mengen der im hiesigen feuchten Museum im Laufe der

---

1) Diese Zeitschr. 1895, **24**, 485—493.

Jahre an den grossen Blöcken dieses Eisens entstandenen und abgeblätterten Rostrinde in Aussicht gestellt und schon in Angriff genommen.

Ich beabsichtige nun, in den folgenden Seiten diese inzwischen beendeten Untersuchungen näher darzulegen.

1. Gewinnung, Reinigung und Gewicht des Untersuchungsmaterials.

Alle Abfälle des hiesigen Toluca-Eisens wurden zunächst, um alle etwaigen beim Liegen in der Natur und in den Sammlungen nicht ganz ausgeschlossenen, zufälligen Verunreinigungen bei der Untersuchung völlig auszuschliessen, durch ein sehr grobes Sieb gesiebt und der Durchfall unberücksichtigt gelassen. Das Grobe auf dem Siebe wurde dann unter starkem Wasserstrome gründlich geschüttelt und gewaschen, sowie nach dem Trocknen Stück für Stück rein ausgesucht und alles irgendwie Verdächtige entfernt.

So wurden 585 g zuverlässige und reine Substanz vom Toluca-Eisen erhalten.

Dieselbe wurde auf dem Wasserbade in stets sorgfältig zugedeckter Porzellanpfanne mit Salzsäure so lange behandelt, bis alle Stücke zu feinem Grus zerfallen waren.

Dieser wurde wiederholt mit Natriumcarbonat zur Lösung der bei der Zersetzung des Olivin und vielleicht auch anderer Silicate (Anorthit) abgeschiedenen Kieselsäure und abwechselnd wieder mit concentrirter Salzsäure heiss behandelt, bis in letzterer nichts mehr in Lösung ging.

Der Rückstand war ein durch Graphit oder Kohle schwarz gefärbter feiner und feinster Sand.

Zur Entfernung der kohligen Bestandtheile wurde er im Sauerstoffstrome geglüht. Nun war der Rückstand hell, das heisst farblos mit dunkeln Körnchen durchsetzt. Zur Entfernung der etwaigen Aschenbestandtheile des Graphit und der Kohle wurde er nochmals mit Salpetersalzsäure und dann mit geprüft reiner Natronlauge und schliesslich wiederholt mit Salzsäure und dann mit Wasser gut ausgekocht, getrocknet und geglüht.

Der so gewonnene, in Salz- und Salpetersäure unlösliche Rückstand des Toluca-Eisens wog 1,6100 g, betrug mithin 0,2752% der Rostrinde[1]).

Derselbe bestand zumeist aus eckigen Stückchen von wasserklarem Quarz und Feldspathen, daneben fanden sich aber auch die übrigen, oben schon genannten und früher schon beobachteten Mineralien.

---

1) E. Cohen, Meteoritenkunde 1894, **1**, 321 und Annalen d. k. k. naturhistor. Hofmuseums in Wien 1891, **6**, 165 giebt im Toluca-Eisen nur 0,0054% an; Uricoechea, Ann. Chem. u. Pharm. 1854, **91**, 251 dagegen 1,11%. Die Vertheilung der steinigen Gemengtheile ist demnach ausserordentlich ungleichmässig.

Um den in Flusssäure unlöslichen Zirkon von den übrigen, in dieser Säure zersetzbaren Mineralien rein zu gewinnen und zugleich um den Lösungsrückstand chemisch zu analysiren, wurde der gesammte Lösungsrückstand (1,61 g) mit reiner Flusssäure und etwas Schwefelsäure auf dem Wasserbade so lange wiederholt behandelt, bis sich in dem so bleibenden Rückstande keine Quarzkörner mehr fanden.

Der so erhaltene und geglühte Rückstand wog	0,0073 g =	0,453 %
in Lösung waren mithin gegangen	1,6027 g =	99,547 %
(s. oben)	1,6100 g =	100 %.

Das geröstete Toluca-Eisen enthielt somit:

I.	0,00125 %	Unlösliches in allen Säuren
II.	0,27395 %	- in Salzsäure
I + II.	0,27520 %	(s. vor. S.).

2. Quantitative Analyse des in Salzsäure unlöslichen, in Flusssäure aber löslichen Rückstandes.

Zunächst wurde der letztere (II) Antheil, d. h. die mittelst Fluss- und Schwefelsäure erhaltene Lösung nur mit Anwendung von Platingefässen und mit zuverlässig reinen Reagentien quantitativ analysirt.

Die Menge der Kieselsäure konnte hierbei nur aus dem Verluste bestimmt werden. Ein Theil der Lösung wurde mit Schwefelwasserstoff behandelt. Hierbei erfolgte ein ganz geringer bräunlicher Niederschlag, der sich in Schwefelnatrium löste und mit Salzsäure sich wieder bildete. Mit Soda auf Kohle geschmolzen erhielt ich wenige winzige zinnweisse metallische geschmeidige Kügelchen, die demnach wohl Zinn gewesen sein dürften.

In demselben Theile der Lösung konnte mit Ammoniummolybdat keine Phosphorsäure nachgewiesen werden.

Das Vorkommen von Apatitmikrolithen als Einschlüsse in Quarz, Feldspath u. s. w. hat mithin auf chemischem Wege nicht bestätigt werden können, und es bleibt somit jene mikroskopische Bestimmung zweifelhaft, denn es wäre ja immerhin noch denkbar, dass die mit Flusssäure in Lösung gegangenen steinigen Gemengtheile zufällig gar keine jener als Apatit gedeuteten doppeltbrechenden, farblosen Krystallnädelchen eingeschlossen gehabt hätten oder nur so spärlich, dass ihre winzige Spur von Phosphorsäure sich selbst einem so scharfen Erkennungsmittel wie Ammoniummolybdat entzogen hätte.

Ein zweiter Theil der Lösung wurde zur Ermittelung der anderen Schwermetalle und der Erdmetalle, und ein dritter Theil zur Bestimmung der Alkalien nach der von mir früher angegebenen Methode[1]) benutzt.

---

1) Journ. f. prakt. Chemie 1865, **94**, 193—197.

Der Niederschlag von Eisen und Aluminium vom zweiten und dritten Theile der Lösung wurde zur Auffindung etwa vorhandener seltener Metalle wie Beryll, Zirkon, Titan, Chrom, Mangan, Nickel, Kobalt u. s. w. nach der von Fresenius[1]) und von Classen[2]) angegebenen Methode zusammen untersucht, bevor das Eisenoxyd und die Thonerde quantitativ bestimmt wurden.

Auf diese Weise konnten neben Spuren von Nickel und Kobalt nur noch winzige Spuren von Titan und zwar bloss durch Gelbwerden der Lösung mittelst Wasserstoffsuperoxyd aufgefunden werden; keine Spur Chrom und Zirkon.

Der Kalkerde-Niederschlag beider Theile der Lösung wurde nach der bekannten Methode[3]) auf einen etwaigen Gehalt an Baryum und Strontium untersucht, jedoch mit negativem Ergebniss.

Rechnet man, was vielleicht nicht ganz richtig, aber jedenfalls auch dann noch ohne Belang ist, alles Eisenoxyd in Oxydul um, so besteht der in Fluss- und Schwefelsäure lösliche Antheil des steinigen Lösungsrückstandes neben Spuren von Kupfer, Zinn, Nickel, Kobalt, Titan aus:

SiO_2	= 1,1750 g	
Al_2O_3	= 0,1146 -	
FeO	= 0,0495 -	
CaO	= 0,0224 -	
MgO	= 0,1999 -	
K_2O	= 0,0066 -	
Na_2O	= 0,0347 -	
	1,6027 g	

Daraus berechnet sich nach den im Folgenden dargelegten Annahmen die mineralische Zusammensetzung dieses Lösungsrückstandes:

	Orthoklas:	Albit: (Plagioklas)	Anorthit: (Plagioklas)	Augit:	Quarz:	Summe:
SiO_2	0,0253 g	0,2014 g	0,0480 g	0,3411 g	0,5592 g	1,1750 g
Al_2O_3	0,0072 -	0,0574 -	0,0410 -	0,0090 -	— -	0,1146 -
FeO	— -	— -	— -	0,0495 -	— -	0,0495 -
CaO	— -	— -	0,0224 -	— -	— -	0,0224 -
MgO	— -	— -	— -	0,1999 -	— -	0,1999 -
K_2O	0,0066 -	— -	— -	— -	— -	0,0066 -
Na_2O	— -	0,0347 -	— -	— -	— -	0,0347 -
	0,0391 g	0,2935 g	0,1114 g	0,5995 g	0,5592 g	1,6027 g
	2,45%	25,26%		37,40%	34,89%	100%

1) Anleitung zur qual. chem. Analyse 1874, 14. Aufl., 418—420.
2) Handbuch d. qual. chem. Analyse 1885, 3. Aufl., 102—105.
3) Classen s. Anmerkung 2, Seite 94.

a. Orthoklas.

Die nicht unbeträchtliche Menge Kali beweist wohl in Verbindung mit dem früheren mikroskopischen Befunde genügend sicher die Anwesenheit von Orthoklas im Toluca-Eisen.

Cohen[1]) hat den Orthoklas nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse von den Meteoriten noch als ein in diesen nicht vertretenes Mineral bezeichnen zu müssen geglaubt, »da dasselbe bisher niemals auch nur mit einiger Wahrscheinlichkeit nachgewiesen worden sei«.

Berechnet man alles Kali im Lösungsrückstande als Orthoklas, so enthält der Lösungsrückstand 0,0391 g oder 2,45 % von diesem Minerale, mithin das Toluca-Eisen 0,00668 %.

b. Plagioklas.

Berechnet man ferner alles Natron im Lösungsrückstande als Albit, alle Kalkerde als Anorthit und vereinigt beide zu einem Plagioklas (Kalknatronfeldspath), so enthält der analysirte Lösungsrückstand 0,4049 g oder 25,26 %, das Toluca-Eisen mithin 0,06921 % Plagioklas von der procentigen Zusammensetzung:

		Sauerstoff-Menge:		Sauerstoff-Verhältniss:
SiO_2	64,59	32,84		= 8,64
Al_2O_3	24,30	11,37		= 3
CaO	5,54	1,59	3,80	= 1
Na_2O	8,57	2,21		
	100,00			

Derselbe steht also zwischen Andesin und Oligoklas und entspricht nahezu der isomorphen Mischung von 3 Mol. Anorthit ($CaAl_2Si_2O_8$) und 4 Mol. Albit ($Na_2Al_2Si_6O_{16}$) mit dem Sauerstoffverhältnisse 1 : 3 : 8,57.

Diese Plagioklas-Zusammensetzung stimmte auch sehr nahe überein mit der von Tschermak[2]) aus der Gesammtanalyse berechneten Zusammensetzung des Plagioklas in dem Meteoriten von Gopalpur, nämlich:

		Sauerstoff-Menge:		Sauerstoff-Verhältniss:
SiO_2	61,85	32,99		= 8,75
Al_2O_3	24,09	11,34		= 3
CaO	5,25	1,50	3,77	= 1
Na_2O	8,81	2,27		
	100,00			

1) Meteoritenkunde 1894, **1**, 302, 311.

2) Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. math.-naturw. Cl. 1872, **65**, 143—144. Tschermak, Mineralog. Mittheilungen 1872, **2**, 99.

oder 2 Mol. Anorthit + 3 Mol. Albit. Ob neben diesem Plagioklas noch selbständiger Anorthit sich im Toluca-Eisen findet, bleibt dahingestellt, denn dieser müsste sich mit dem Olivin zusammen schon in Salzsäure gelöst haben.

c. Augit.

Wird alles im Lösungsrückstande bestimmte Eisenoxydul und Magnesia als Metasilicat berechnet und dazugefügt die bei den Feldspathberechnungen ($a + b$) noch übrig gebliebene geringe Menge von Thonerde, so erhält man die Menge von Augit im Lösungsrückstande = 0,5995 g = 37,40 %, mithin 0,10248 % im Toluca-Eisen.

Diesem Augit kommt die procentige Zusammensetzung zu:

SiO_2	=	56,89
Al_2O_3	=	1,50
FeO	=	8,26
MgO	=	33,35
		100,00

Ein etwaiger geringer Gehalt des Augit an Kalkerde und Alkali würde an dieser Berechnung wesentlich nichts ändern können.

d. Quarz.

Die bei der vorstehenden Berechnung noch übrig gebliebene, aus dem Gewichtsverluste berechnete Menge Kieselsäure ergiebt dann die Menge von Quarz im Lösungsrückstande, nämlich 0,5592 g = 34,89 %, mithin 0,09558 % des Toluca-Eisens.

e. Zusammenstellung.

Es besteht somit der in Salzsäure unlösliche, dagegen in Flusssäure lösliche steinige Bestandtheil in 585 g Toluca-Eisen aus:

Orthoklas	0,0391 g	=	0,00668 %
Plagioklas	0,4049 -	=	0,06921 -
Augit	0,5995 -	=	0,10248 -
Quarz	0,5592 -	=	0,09558 -
	1,6027 g[1])		0,27395 %[1])

3. Untersuchung des in allen Säuren unlöslichen Rückstandes.

Der in allen Säuren (auch Fluss- und Schwefelsäure) unlösliche Rückstand im Gewichte von 0,0073 g (= 0,00125 % des Meteoriten)[2]) hatte ein Volumgewicht grösser als 3,158, denn er sank mit allen Theilchen in der

1) s. oben S. 588.
2) s. oben S. 588.

Thoulet'schen schweren Lösung, auf der ein Turmalin von diesem Volumgewichte schwamm, nieder.

Dieser sehr geringe Rückstand war ein dunkel smaragd- oder chromgrüner feiner Sand, untermischt mit Zirkonkrystallen, einem schwarzen Minerale und noch einigen anderen, selteneren Mineralkörnern.

a. Kosmochlor, ein neues kosmisches Mineral.

Das smaragdgrüne Mineral kann mit keinem irdischen Minerale identificirt werden. Ich will es deshalb nach seiner Herkunft und seiner Farbe Kosmochlor nennen.

α. Verhalten vor dem Löthrohre.

Er ist nicht bloss unlöslich in allen kochenden Säuren und in allen starken alkalischen Lösungen, sondern widersteht auch sehr kräftig den bekannten Schmelzmitteln. So ist er erst nach langem anhaltenden Behandeln im Gasgebläse löslich in der Phosphorsalz- und in der Boraxperle. In beiden löst er sich aber schliesslich zu einer völlig klar bleibenden, heiss gelblichrothen, kalt schön bläulichgrünen Perle im Oxydations- wie im Reductionsfeuer.

Die schöne grüne Farbe rührt demnach von einem Chromgehalte her, zum Theil vielleicht auch von Eisen, doch dürfte der Eisengehalt nur sehr gering sein, da die Lösung der Schmelze mit Rhodankalium sich nur sehr wenig röthet.

Mit Soda vor dem Gebläse behandelt zersetzt er sich auch nur sehr langsam. Die Perle ist heiss braun, kalt gelb und krystallinisch. In der wässerigen Lösung der Perle gewahrt man unter dem Mikroskope gallertartige Flocken, die in Salzsäure verschwinden und nach Zusatz von Ammoniak sich von Neuem bilden, also wohl von Thonerde und Eisenoxyd herrühren.

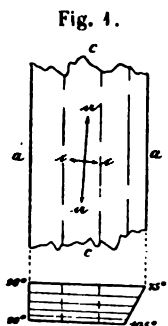
Auch in schmelzendem Salpeter ist er sehr schwer löslich zu einer gelben Schmelze, die sich in Wasser farblos löst. Die gelbe Farbe rührt wohl von etwas Kaliumchromat her, doch konnte dasselbe mit Bleisalzen vermuthlich wegen der sehr geringen Menge, keinen erkennbaren Niederschlag geben. Ammoniak gab auch wieder in dieser Lösung Flocken von etwas Thonerde und Eisenoxyd.

β. Verhalten unter dem Mikroskope.

Alle Splitter des Minerals zeigen unter dem Mikroskope eine recht vollkommene Spaltungsrichtung mit lebhaftem Glasglanze und sind nach dieser dünntafelförmig gestaltet und häufig sichtlich lamellar im Bau gefügt. Diese winzigen Spaltflächen geben im Fernrohrgoniometer noch Reflexe, allerdings nur matt und verwaschen, welche 180° von einander entfernt liegen.

Die meisten Spaltlamellen sind ferner nach zwei unter sich parallelen Seiten geradlinig begrenzt, und diesen Grenzen gehen ab und zu innere Spaltungsklüfte parallel, wie es die nebenstehende Fig. 1 darstellt.

Fig. 1.



Es besitzt mithin der Kosmochlor noch eine zweite Spaltungsrichtung von geringerem Grade, welche, so weit ersichtlich, normal zu der vollkommeneren steht.

An einem besonders grossen (0,3 bis 0,4 mm) Splitter zeigte diese Spaltbarkeit unter dem Mikroskope nur geringen Glanz, trotzdem konnte aber der Winkel zwischen beiden Spaltungsrichtungen im Reflexionsgoniometer mit Flammenschimmer angenähert gemessen werden; er betrug beiderseits im Mittel ganz nahe 90°.

Derselbe Splitter zeigte nun auch noch eine zwischen jenen beiden liegende dritte, prismatische Spaltbarkeit, welche mit der vollkommenen Spaltfläche einen Winkel von etwa 105° (gemessen mit Flammenschimmer 105°16'—104°50') einschliesst. Dieses Spaltprisma misst also 150° bezw. 30°, seine scharfe Kante wird von der recht vollkommenen, seine stumpfe Kante von der zweiten Spaltrichtung abgestumpft.

Von diesen prismatischen Spaltungsflächen war am Krystallbruchstücke nur die eine zu beobachten. Deshalb und da diese Spaltungsrichtung bisher nur an dem einen Splitter beobachtet werden konnte, dürfte sie nur von geringem Grade sein.

Die gleich zu besprechenden optischen Eigenschaften machen es wahrscheinlich, dass der Kosmochlor monoklin krystallisirt, und

nach (010)$\infty P\!\!\!\!\!\!\;\grave{}\;\infty$ eine recht vollkommene,

nach (100)$\infty \bar{P} \infty$ eine vollkommene,

nach (110)∞P eine untergeordnete Spaltbarkeit besitzt.

Quer zur Verticalaxe sind die nach dieser Axe meist gestreckten und nach (010)$\infty P\!\!\!\!\!\!\;\grave{}\;\infty$ stets lamellaren Splitter immer unregelmässig, gern splitterig begrenzt, so dass alle Spaltrichtungen nur der Verticalzone angehören.

In gewöhnlichem durchgehenden Lichte sind die Splitter je nach der Dicke hell bis dunkel smaragdgrün, dickere Körner fast schwarz. Im polarisirten Lichte überrascht der ausserordentlich starke Pleochroismus, selbst der allerdünnsten Splitter.

Schwingt das Licht nahezu parallel mit der Trace der zweiten Spaltbarkeit, (100)$\infty \bar{P} \infty$, so ist die Absorptionsfarbe hellgelbgrün, senkrecht dazu dunkelblaugrün oder smaragdgrün.

Die Schwingungsrichtung des Lichtes in den Lamellen nach der ersten Spaltbarkeit, (010)$\infty P\!\!\!\!\!\!\;\grave{}\;\infty$, bildet mit der Verticalaxe oder der Trace der zweiten Spaltbarkeit einen Winkel von 12°14' im Mittel zahlreicher Ein-

stellungen an vielen Splittern. Ihr entspricht der geringere Grad der Absorption, aber die grössere optische Elasticität. Da kein Spaltsplitter nach der Symmetrieebene (010) $\infty P \infty$ in convergentem Lichte das Interferenzringsystem erkennen liess, geht die Ebene der optischen Axen der Symmetrieebene parallel und die Axe der grössten Elasticität $\mathfrak{a}$ bildet mit der Verticalaxe *c* den Winkel von etwa 12°.

Auf Spaltstücken nach der zweiten Spaltbarkeit, (100) $\infty P \infty$, müsste die Schwingungsrichtung des Lichtes 0° bezw. 90° mit der Verticalaxe *c* einschliessen. Das liess sich aber an keinem Splitter controlliren, weil bei der Dicke der Splitter in der Richtung normal zu (100) $\infty P \infty$ alles Licht absorbirt wird.

Demnach wäre es immerhin noch möglich, dass der Kosmochlor triklin krystallisirt, denn auch die Messung (010) : (100) = 90° ist nur eine angenäherte, und die prismatische Spaltbarkeit wurde nur nach einer Fläche beobachtet.

Die Interferenzfarben, die zu der lebhaften Körperfarbe noch hinzutreten, sind ausserordentlich lebhaft, etwa wie beim Augit.

Alle diese physikalischen Eigenschaften gewahrt man vielleicht am besten unter dem Mikroskope, wenn man ein Splitterchen des Kosmochlor zwischen zwei Objectträgern zerdrückt zum feinsten Pulver, das für das blosse Auge noch grün bleibt.

Das Glas bekommt hierbei viele kleine Schrammen, so dass dem Kosmochlor etwa die Härte des Glases, das vom Orthoklas noch sehr deutlich geritzt wird, mithin 5—6, zukommt. Drückt man ein Splitterchen des Kosmochlor in einen Stift ganz reinen Bleies ein, so kann man damit den polirten Apatit sehr deutlich, den polirten Orthoklas nicht mehr ritzen.

Ein 0,5 mm langes, 0,1 bis 0,2 mm dickes Splitterchen der stärksten Löthrohrhitze, bei welcher das Platin oberflächlich zu erweichen beginnt, längere Zeit ausgesetzt, zeigt weder unter der Lupe noch unter dem Mikroskope eine Spur von Schmelzbarkeit.

Dieses Mineral scheint noch in keinem Meteoriten beobachtet worden zu sein, denn bei seinen sehr auffälligen physikalischen Eigenschaften dürfte ein Uebersehen desselben oder eine Verwechslung mit Augit oder Hornblende ausgeschlossen sein.

Es hat gegenüber allen irdischen Mineralien so abweichende chemische und physikalische Eigenschaften, dass schon ohne Ermittelung der chemischen Constitution ich berechtigt war, ein neues kosmisches Mineral in dieser Substanz anzunehmen.

γ. Chemische Zusammensetzung.

Nach Herstellung einer Anzahl von mikroskopischen Präparaten dieses Minerals für die Meteoritenkenner und für einige mineralogische Univer-

sitätsinstitute[1]) blieben von dem gewonnenen unlöslichen Rückstande noch 0,0033 g übrig, die ich für eine chemische Analyse hergeben zu müssen glaubte.

Bei dieser so ausserordentlich geringen Menge Substanz, bei welcher $\frac{1}{10}$ Milligramm schon 3 % ausmacht, war von vornherein eine ganz zuverlässige quantitative Analyse nicht zu erwarten, auch wenn solche mit der grössten Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit erstrebt und nur in Platingefässen und mit den zuverlässigsten Reagentien ausgeführt wurde.

Dazu kam noch der Umstand, dass nach dem mikroskopischen Befunde die der Analyse zu unterwerfende Substanz nicht völlig reiner Kosmochlor war, sondern mit vielleicht 1 % seines Gewichtes an Zirkonkrystallen und vielleicht 1 bis 2 % an anderen Mineralsplittern sich gemengt erwies, deren vorherige Entfernung nicht ausführbar war.

Die 0,0033 g Substanz wurden so lange vor dem Gebläse mit Soda geschmolzen, bis nichts Unzersetztes im Schmelzflusse mehr beobachtet werden konnte.

Die genaueste Untersuchung der abgeschiedenen Kieselsäure mittelst Fluorwasserstoffdämpfen ergab, dass dieses völlig erreicht war und ferner auch, dass der Kosmochlor keine Spur Titan enthielt. Die Untersuchung der von der Kieselsäure abfiltrirten Lösung ergab die gänzliche Abwesenheit von Zinn.

Ganz besonderes Augenmerk wurde auf die etwaige Gegenwart von Zirkonerde gerichtet; dieselbe konnte jedoch nicht nachgewiesen werden, was aber auch unter den obwaltenden Umständen bekanntlich seine grossen analytischen Schwierigkeiten hat.

Die Analyse ergab:

	g		%
SiO_2	0,00105	=	31,82
Al_2O_3	0,00030	=	9,09
Cr_2O_3	0,00130	=	39,39
Fe_2O_3	0,00030	=	9,09
CaO	0,00020	=	6,06
MgO	0,00015	=	4,55
	0,00330		100,00

Soviel steht demnach fest, dass der Kosmochlor im Wesentlichen ein unter den irdischen Mineralien nicht bekanntes Chromsilicat ist. Keinem Zweifel unterliegt ferner die Gegenwart von etwas Aluminium und Eisen neben dem Chrom.

Anfechtbar bleibt allerdingt der Gehalt an Calcium, denn die gewogenen $\frac{2}{10}$ Milligramm Kalkerde zeigten keine deutliche Flammenreaction,

1) Denselben stehen auf Wunsch noch einige Präparate zur Verfügung.

und ebenso die gewogenen $\frac{1}{10}$ Milligramm Magnesiumphosphat, denn so minimale Mengen entziehen sich einer näheren sicheren Prüfung.

Nimmt man das Eisen als zweiwerthigen Vertreter von Calcium und Magnesium, so ist die Zusammensetzung des Kosmochlor:

	%	Menge:	Sauerstoff-	Verhältniss:	
SiO_2	32,11	17,10		3,2	9,6
Al_2O_3	9,17	4,30	16,76	3	9
Cr_2O_3	39,75	12,46			
FeO	8,26	1,83			
CaO	6,12	1,75	5,42	1	3
MgO	4,59	1,84			
	100,00				

Die Mengen $FeO : CaO : MgO$ verhalten sich wie 1 : 1 : 1, die Mengen $Al_2O_3 : Cr_2O_3 = 1 : 3$.

Die empirische Formel ist mithin nahezu:

$$Ca_2Mg_2Fe_2Al_3Cr_9Si_{10}O_{44} = \overset{II}{R}_3\overset{III}{R}_6Si_5O_{22}.$$

Dieser Formel entspricht die procentige Zusammensetzung:

SiO_2	33,76
Al_2O_3	8,50
Cr_2O_3	38,86
FeO	8,10
CaO	6,29
MgO	4,49
	100,00

Wir hätten es dann mit einem basischen Orthosilicate mit dem Sauerstoffverhältnisse 5 : 6 zwischen Säure und Basis zu thun:

$$\overset{II}{R}_3[\overset{I}{R}O]_2\overset{III}{R}_4[SiO_4]_5.$$

Basische Salze sind gerade von Thonerde und Eisen bekannt und können mithin auch bei Chromoxyd vorausgesetzt werden.

Nimmt man dagegen das Eisen dreiwerthig als Vertreter von Aluminium und Chrom an und lässt man die noch anzweifelbaren geringen Mengen von Calcium und Magnesium unberücksichtigt, so stellt sich die Zusammensetzung des Kosmochlor auf:

	%	Menge:	Sauerstoff-	Verhältniss:	
SiO_2	35,59	18,96		1	6
Al_2O_3	10,17	4,78			
Fe_2O_3	10,17	3,05	21,64	1,14	6,84
Cr_2O_3	44,07	13,81			
	100,00				

Die empirische Formel:

$$Al_6Fe_4Cr_{18}Si_{18}O_{78} = \overset{\text{III}}{R}_{14}Si_9O_{39}$$

entspräche gleichfalls einem basischen Orthosilicate mit dem Sauerstoffverhältnisse 6 : 7, nämlich:

$$[RO]_3R_{11}[SiO_4]_9.$$

Dieser Formel entspricht die procentige Zusammensetzung:

SiO_2	35,04
Al_2O_3	9,93
Fe_2O_3	10,37
Cr_2O_3	44,66
	100,00

Gewissheit über dieses neue Mineral [1]) lässt sich nur von der Auflösung einer sehr beträchtlichen Menge des Toluca-Eisens erwarten. Zur Gewinnung von 1 g Kosmochlor müssten, bei gleichem Gehalte des Eisens an Kosmochlor wie im vorliegenden Falle, nämlich 80 Kilogramm Toluca-Eisen aufgelöst werden.

Trotz des niedrigen Preises des Toluca-Eisens (50 bis 100 Mark das Kilogramm) würde eine solche Untersuchung theuer zu stehen kommen.

b. Zirkon.

Gegen die Splitter von Kosmochlor treten in dem unlöslichen Rückstande die stets wohlausgebildeten Krystalle von Zirkon an Zahl ganz ausserordentlich zurück. Nach einer unter dem Mikroskope vorgenommenen Schätzung machten sie vielleicht gegen 1 % des Rückstandes aus, wogen demnach höchstens 0,000073 g.

Weder für eine mechanische noch für eine chemische Trennung der Zirkonkrystalle von dem Kosmochlor fand sich ein Weg. Meine frühere Erwartung, beim Auflösen grösserer Mengen von Toluca-Eisen soviel Zirkonkrystalle rein zu erhalten, um darin das Zirkonium chemisch nachzuweisen, hat sich mithin leider nicht erfüllt.

Trotz der so geringen Menge Zirkonkrystalle im Kosmochlor wurde bei der Analyse des letzteren, wie oben S. 595 schon bemerkt, das peinlichste Augenmerk stets auf den etwaigen Nachweis des chemischen Elementes Zirkonium gerichtet, allein vergeblich, einmal wegen der so geringen Menge

1) Die erste Mittheilung in die Oeffentlichkeit über den Kosmochlor machte Herr A. Brezina aus Wien auf der diesjährigen Naturforscher-Versammlung zu Frankfurt a/M. Diesem hervorragenden Meteoritenkenner hatte ich im Sommer ein Präparat dieses Minerals zur Begutachtung zugeschickt und ihm wenige Tage vor der genannten Versammlung bei seinem hiesigen Besuche das gerade erhaltene Ergebniss meiner chemischen Untersuchungen mittheilen können.

von Zirkon überhaupt und andermal auch wohl wegen der Schwierigkeit eines chemischen Nachweises von so minimalen Mengen Zirkonium.

Für Zirkon sprechen, wie früher von mir schon ausgeführt wurde, die immer sehr scharf ausgebildete Krystallform, die Spaltungslosigkeit, die Härte, das hohe Volumgewicht, die Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen, der mikroskopische Befund, die völlige Uebereinstimmung mit den mikroskopischen Zirkonkrystallen irdischer Gesteine, das optische Verhalten u. s. w.

Bei den neuen Präparaten erwies sich die Form und die Ausbildungsweise der Zirkonkrystalle immer so, wie ich es früher schon beschrieben und abgebildet habe. Nur an einigen bis 0,15 mm grossen Krystallen hatte die ditetragonale Pyramide *d* ungewöhnlich grosse Ausdehnung, wie in nebenstehender Fig. 2 wiedergegeben ist, in der $o = \{111\} P$, $o' = \{101\} P\infty$, $p = \{100\} \infty P\infty$, $q = \{110\} \infty P$, $d = \{m11\} mPm$ bedeutet.

Fig. 2.

Der ebene Winkel zwischen den beiden in einer Axenebene *a* und *c* liegenden Endkanten dieser ditetragonalen Pyramide konnte unter dem Mikroskope sehr gut und sicher gemessen werden. Alle Messungen ergaben 55°. Hierdurch und aus dem Zonenverbande (111): (100) bestimmt sich das Symbol dieser Pyramide $d = \{311\} 3P3$. Dieselbe ist bekanntlich am Zirkon eine sehr häufige Form. Aus dem Verhältnisse $a : c = 1 : 0{,}6404$ berechnet, beträgt der gemessene Winkel 54° 59′ 32″.

Zu bemerken bleibt gegen früher nur noch, dass die neugewonnenen Zirkone alle farblos, nicht ganz blassröthlich sind. Vielleicht liegt die Ursache dieser Abweichung in dem Glühen der neuen Zirkone im Sauerstoffstrome.

Die einzig mögliche Verwechselung dieser Krystalle wäre die mit den, dem Zirkon isomorphen und in der Formentwickelung oft ähnlichen Krystallen von Zinnstein und Rutil.

Dieser Punkt musste bei den Untersuchungen im Auge behalten bleiben, wenn auch der mikroskopische Befund niemals dafür sprach. Zinn ist nämlich in den Meteoriten schon seit Langem und wiederholt aufgefunden worden und meistens auf den allerdings noch niemals unter dem Mikroskope beobachteten Zinnstein zurückgeführt worden [1]) und ebenso auch in einigen Fällen Titan, das meist auf einen Gehalt der Meteoriten an Titanit bezogen worden ist[2]).

Es wurde deshalb bei der Analyse des Kosmochlor, wie schon bemerkt,

---

1) Vergl. oben S. 588 und E. Cohen, Meteoritenkunde 1894, 1, 9, 38, 39, 55, 322.
2) Vergl. oben S. 589 und E. Cohen, Meteoritenkunde 1894, 1, 22, 38, 299.

auch sorgfältigst auf Zinn und Titan geforscht, aber gleichfalls wie beim Zirkonium mit völlig negativem Ergebnisse.

Nun lassen sich aber diese beiden Elemente selbst in Spuren sehr leicht und sicher nachweisen, Zinn unter dem Mikroskope in der auf Kohle erblasenen Sodaperle und Titan mit Wasserstoffsuperoxyd. Wären im Rückstande Krystalle von Zinnstein oder Rutil gewesen, so hätten beide Reactionen deutlich erfolgen müssen.

Es liegt demnach kein Grund vor, an der Richtigkeit der Bestimmung dieser Krystalle als Zirkon zu zweifeln. Ganz sichere Entscheidung dieser Frage kann auch hier nur die Auflösung sehr grosser Mengen des Toluca-Eisens bringen oder ein günstiger Zufall bei der Weitererforschung der Meteoriten.

c. Chromit.

Zwischen den Splittern von Kosmochlor beobachtet man im unlöslichen Rückstande unter dem Mikroskope ferner noch einzelne schwarze, wie Magnetit metallglänzende, muschelig brechende, unregelmässige Körner, seltener auch scharf ausgebildete mehr oder minder »verzerrte« Oktaëder, welche wegen ihrer Unlöslichkeit in Salzsäure nur Chromit sein können. Da der Rückstand in Sauerstoffstrome lange geglüht worden war und ein hohes Volumgewicht besitzt, kann hierbei an Kohlenstoff (Graphit oder Cliftonit) nicht gedacht werden.

d. Anderweitige Minerale.

Schliesslich zeigten sich noch im unlöslichen Rückstande sehr vereinzelt andere Minerale in Splitterform, deren Bestimmung oder auch nur Deutung bis jetzt noch nicht gelungen ist.

Von diesen soll deshalb nur ganz kurz die Rede sein.

1. Hell smalteblaues bis farbloses, gar nicht selten in beiden Farben gefiecktes, immer deutlich pleochroitisches Mineral in unregelmässigen, nicht spaltbaren Stückchen. Die Farbe des schwächer absorbirten Lichtes ist blaugrau, die andere smalteblau.

Dieses Mineral enthält manchmal viele und zum Theil grosse Einschlüsse einer nicht erkennbaren Substanz; es erinnert im Aussehen am meisten an Cordierit, oder an Sapphir oder auch an Turmalin.

Aehnliche Körner sind schon von Anderen aus steinigen, namentlich aber aus Eisenmeteoriten beschrieben und mit Cordierit verglichen worden [1]). Aus dem Toluca-Eisen beschrieb Uricoechea [2]) schon »ein himmelblaues durchsichtiges Mineral, das krystallisirt zu sein schien und wie Zirkon vom Vesuv aussah«, und ebenso Cohen und Weinschenk [3]) ein »Cordierit-

---

1) E. Cohen, Meteoritenkunde 1894, 1, 319—320.

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. 1854, 91, 251.

3) Ann. d. k. k. naturhist. Hofmuseum. Wien 1891, 6, 140.

ähnliches Mineral in dicksäulenförmigen Körnern mit lebhaften Interferenzfarben und Glas-? Einschlüssen, fleckig blau pleochroitisch) und farblos).

Trotz der unverkennbaren Aehnlichkeit kann aber im vorliegenden Falle an Cordierit nicht gedacht werden, denn dieser hat das Volumgewicht 2,59—2,66, während die blauen Körner aus dem Toluca-Eisen schwerer als 3,158 sind.

Die von Cohen[1] hervorgehobene Möglichkeit, diese bläulichen bis violetten Körner, die man im Rückstande der Meteoreisen recht constant treffe, könnten vielleicht dem Smirgel entstammen, welcher zum Schleifen oder Schneiden der Meteoriten verwandt zu werden pflegt, ist hier völlig ausgeschlossen, da die zu meinen Untersuchungen verwendeten Stücke des Toluca-Eisens nie solche künstliche Behandlung erfahren hatten.

2. Braunes, sehr stark pleochroitisches Mineral.

Die sonst unregelmässig begrenzten Splitter sind durch Spaltbarkeit immer nach einer Richtung geradlinig begrenzt und in dieser Spaltrichtung von grösserer Ausdehnung, als senkrecht dazu. Ihre Form ähnelt deshalb der des Kosmochlor. Die Schwingungsrichtungen des Lichtes bilden aber mit den Spaltungstracen immer 0° und 90°. Parallel den Spaltungstracen ist die optische Elasticität grösser, als senkrecht zu denselben. In ersterer Richtung ist die Absorptionsfarbe ganz hellbräunlich, in letzterer dunkelbraun, bei dickeren Splittern fast schwarz. Die Interferenzfarben sind immer sehr lebhaft, fast so lebhaft, als beim Zirkon. Die Umgrenzung der in Canadabalsam eingebetteten Splitter ist immer sehr scharf und fein, das mittlere Brechungsvermögen also nicht sehr gross.

3. Farbloses, doppeltbrechendes, nicht pleochroitisches Mineral.

Die Form der Splitter ist dieselbe wie beim vorhergehenden Minerale. Die kleinere optische Elasticität geht hier aber den Spaltungstracen parallel. Einige, sonst ebenso aussehende Splitter haben zu den Spaltungstracen schiefe Schwingungsrichtungen.

4. Honig- bis bernsteingelbes Mineral, in unregelmässig begrenzten, nicht spaltbaren Stückchen, ist am seltensten im Rückstande, es zeigt deutliche Doppelbrechung und schwachen Pleochroismus.

1) Meteoritenkunde 1894, 1, 320.

XXXI. Kürzere Originalmittheilungen und Notizen.

1. L. J. Igelström (in Sunnemo): **Munkforssit, Bliabergit und Ransätit, drei neue Mineralien vom Kirchspiel Ransäter, Gouvernement Wermland, Schweden.** — Im Gneiss des Kirchspiels Ransäter treten mehrere mächtige Schichten auf, aus denen man Quarz zu technischen Zwecken, namentlich zur Herstellung feuerfester Massen für die Eisenschmelzöfen von Munkforss, gewinnt. Durch diesen Bergbaubetrieb in den Blia und Dicksberg genannten gebirgigen Gegenden sind die zu beschreibenden neuen Mineralien zu Tage gekommen. Die Schichten, aus denen der Quarz gebrochen wird, bestehen hauptsächlich aus weissem Quarz und Damourit, zu denen stellenweise Adern von einer weissen, noch nicht näher untersuchten Feldspathart (Albit?) hinzukommen. Der Damourit findet sich gewöhnlich spärlich in der Gebirgsart in kleinen zerstreuten Blättchen (immer parallel mit der im Grossen sichtbaren Schichtung), aber auch zuweilen angehäuft in reinen, weissen Lagen, z. B. in Blia und Dicksberg, bis zu etwa 10 cm Dicke. Schwefelkies findet sich in diesen Bildungen, z. B. bei Dicksberg, in einer etwa 1 m mächtigen Einlagerung, welche wohl eine Ausbeutung verlohnen würde. Apatit in scharf ausgebildeten sechsseitigen Prismen findet sich spärlich (Dicksberg), Zirkon (Blia), Cyanit und Titaneisen (Dicksberg) ebenso. Diese Damourit-Quarzit-Formation möchte ich vergleichen mit der etwa 60 km weiter nördlich (bei dem Flusse Klara) gelegenen, von Alters her bekannten mineralreichen Formation von »Horrsjöberg«, deren Hauptmasse aus Quarz, Damourit und Cyanit besteht, mit eingemengten Rutil, Lazulith etc.

1. Munkforssit. Dieses Mineral, dessen Namen ich nach dem nahe gelegenen grossen Eisenwerk Munkforss gewählt habe, sitzt im Cyanit des eben besprochenen Damourit-Quarzitfels. Rein ist das Mineral weiss, aber zuweilen ist es etwas schwach röthlich durchscheinend. Im ersteren Falle ähnelt es weissem Quarz, ist aber blättrig, durchsichtig oder durchscheinend, zum Theil in Körnchen von einigen Millimeter Durchmesser vorkommend, zum Theil auch in Krystallen, monoklinen Prismen mit Basis und beiden Pinakoiden; spaltbar nach einer Ebene. H. = 5.

Der Munkforssit schmilzt nicht vor dem Löthrohre, giebt mit Kobaltsolution keine blaue Farbe (ein sehr bemerkenswerther Unterschied vom Svanbergit), ist unlöslich in Säuren, nur partiell zersetzbar, unter Freiwerden von etwas Phosphor- und Schwefelsäure. Durch Schmelzen mit Natriumcarbonat wird er dagegen vollkommen zersetzt. Für sich im Löthrohrkölbchen erhitzt, giebt er nur Spuren von Wasser (schwefelsäurehaltig). Svanbergit dagegen giebt viel Wasser. Der rein weisse, durchsichtige Munkforssit, in kleinen Stückchen zum Glühen erhitzt

an offener Luft in einer Platinschale, decrepitirt zuerst und wird zuletzt milchweiss, undurchsichtig.

Eine Auflösung von Munkforssit in Chlorwasserstoffsäure, versetzt mit etwas Schwefelsäure und Alkohol, lässt eine grosse Menge schwefelsauren Kalk fallen.

Eine von mir mit 0,47 g ausgeführte Analyse von Munkforssit ergab:

		Nach Abz. d. Unz. auf 100% ber.:
SO_3	13,20	15,12
P_2O_5	13,98	16,01
Al_2O_3	25,54	29,23
CaO	32,00	36,64
FeO	Spuren	—
Cl	Spuren	—
Glühverlust	2,63	3,00
Unzersetzt	10,74 [1]	—
	98,09	100,00

Weil der Glühverlust wesentlich aus Schwefelsäure besteht, so stellt sich die Analyse so:

SO_3	18,12
P_2O_5	16,01
Al_2O_3	29,23
CaO	36,64
	100,00

Jedenfalls geht aus derselben hervor, dass das Mineral ein wasserfreier Svanbergit oder ein dem Svanbergit sehr nahe stehendes Mineral ist. Es differirt nur das Verhältniss zwischen Al_2O_3 und CaO; der Munkforssit enthält nämlich viel mehr CaO im Verhältniss zu Al_2O_3. Die beste Analyse von Svanbergit dürfte wohl die von Blomstrand von Westanå in Skåne (Schweden) sein (I.). Meine Analyse des Svanbergit von Horrsjöberg, Wermland (Schweden) lieferte die Zahlen II.

	I.		II.
SO_3	15,97	SO_3	17,32
P_2O_5	15,70	P_2O_5	17,80
Al_2O_3	34,95	Al_2O_3	37,84
FeO	0,73	FeO	1,40
PbO	3,82	CaO	6,00
MgO	0,24	Na_2O	12,84
CaO	16,59	H_2O	6,80
H_2O	12,21	Cl	Spuren
	100,21		100,00

Bei meiner Analyse dürfte bemerkt werden, dass der Gehalt an Na_2O, vielleicht auch der an Wasser, nicht genau ist.

Da alle drei Fundorte: Horrsjöberg, Westanå und Dicksberg, im Allgemeinen ganz analoge geologische und mineralogische Bildungen zeigen, so ist gar nicht auffallend, dass an allen dieselben Mineralien oder Varietäten derselben

---

1) Das Unzersetzte sind kleine Damouritblättchen, welche man zuweilen in Gesellschaft mit Munkforssitkörnchen und Krystallen findet.

gefunden werden. Der beste Fundort für Svanbergit ist jedoch Horrsjöberg. Er bildet hier vollkommene, scharf ausgebildete Krystalle. In Skåne ist er nur in derben, röthlichen Massen vorhanden.

Was das Dicksberg-Mineral betrifft, so muss es als eine verschiedene Mineralspecies betrachtet werden, weil es ein vom Svanbergit verschiedenes äusseres Aussehen und andere Krystallformen hat und auch verschiedenes Löthrohrverhalten, z. B. mit Kobaltsolution nicht die hübsche blaue Farbe etc., zeigt. Abweichend ist endlich auch das Vorkommen bei Dicksberg, nämlich zusammen mit Schwefelkiesmassen, in welchen Cyanit etc. sitzt.

Der Cyanit von Dicksberg, welcher den oben beschriebenen Munkforssit enthält, ist blassgrün, blättrig. Ich habe denselben analysirt und darin gefunden:

SiO_2	43,91
Al_2O_3	56,52
	100,43

Spuren von FeO.

Dieser Cyanit hat also dieselbe Zusammensetzung, wie der von Westanå in Skåne, Schweden.

2. Bliabergit (Name ebenfalls vom Fundorte) kommt im Bliaberg in reinem, weissem Damourit in röthlichen, 1—3 cm grossen Krystallen von rhomboëdrischer Form in grosser Menge vor, so dass der weisse Damourit davon ein hübsches porphyrartiges Aussehen bekommt. Die Spaltungsflächen sind sehr deutlich metallglänzend. H. = 4,5.

Der Bliabergit schmilzt nicht für sich vor dem Löthrohre, sondern wird schwarz und schwach magnetisch; schwache Manganreaction. Nur partiell zersetzbar durch Säuren. Im Kohlentiegel, beschickt mit 50 % Kalkstein in Weissgluth, wird er reducirt und giebt eine Menge Eisenkügelchen. Frisch ist der Bliabergit von einer dunkeln, beinahe schwarzen Farbe, aber bei der Verwitterung wird er mehr oder weniger roth. Der dunkle entfärbt Chamäleon, der rothe nicht.

0,46 g dunkler Bliabergit ergaben:

		Sauerstoff:		
SiO_2	39,13			20,86
Al_2O_3	27,60		12,91	20,02
FeO	26,74	5,94	7,11	
MnO	4,45	1,00		
Mg und CaO	0,43	0,17		
H_2O	3,26			2,90
	101,61			

1,25 g reiner braunrother Substanz ergaben:

		Sauerstoff:	
SiO_2	41,67		21,22
Al_2O_3	23,81	11,14	19,35
Fe_2O_3 incl. Mn_2O_3	27,38	8,21	
H_2O	7,14		6,35
	100,00		

Zufolge dieser Analysen kann für den frischen Bliabergit folgende Formel aufgestellt werden:

$$2(Fe,Mn)_2SiO_4 + Al_4Si_3O_{12}$$

oder

$$3(Fe,Mn)_2SiO_4 + 2Al_2SiO_5 .$$

Der umgewandelte entspricht ungefähr der Formel:

$$Al_4Si_3O_{12} + 2H_2O.$$

3. Ransätit (nach dem Kirchspiel Ransäter) kommt ebenfalls in Bliaberg und auch in dem reinen, weissen Damourit in Form von einigen cm grossen blassrothen, harten (H. = 6) Kugeln vor, welche wasserfrei sind und starke Manganreaction geben. Die Blättchen des Damourit legen sich dicht um die Kugeln, aber bei genauerer Besichtigung findet man die Kugeln hier und da von Rhombenflächen begrenzt. Dieses deutet auf eine Krystallisation im regulären Krystallsysteme.

Der Ransätit schwärzt sich vor dem Löthrohre in der Oxydationsflamme, schmilzt aber nicht; wird mit Kobaltsolution nicht blau. Unauflöslich in Säuren. Er wird von den Atmosphärilien verändert, schwärzt sich und zerfällt schliesslich zu einer blassrothen, erdigen Masse.

0,82 g frischer Ransätit ergaben:

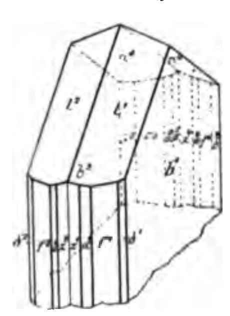
SiO_2	43,47	Sauerstoff: 23,18		
Al_2O_3	14,50	6,79	12,10	18,11
Fe_2O_3	17,72	5,31		
MnO	14,97	3,37	6,04	
CaO	5,63	1,64		
MgO	2,57	1,03		
	98,86			

Zufolge dieser Analyse stelle ich für den Ransätit die chemische Formel auf:

$$3(Mn,Ca,Mg)SiO_3 + (Fe,Al)_4Si_3O_{12} .$$

Der Ransätit kann hiernach angesehen werden als bestehend aus 3 Mol. Pajsbergit (kalkhaltigem Rhodonit) und 1 Mol. wasserfreiem Bliabergit. Er ist bei weitem seltener im Blia-Gebirge als der Bliabergit.

2. K. von Kraatz (in Heidelberg): **Gyps von Girgenti.** Auf einer durch D. Blatz bezogenen Schwefelstufe von Girgenti, welche in der hiesigen Universitätssammlung liegt, fanden sich schöne, wasserhelle Gypskrystalle von dünntafliger Ausbildung nach $b\{010\}$. Die grösseren Krystalle zeigten keine besonders ebenen Flächen; unter den kleineren fanden sich jedoch scharf entwickelte, in der Prismenzone besonders flächenreiche Krystalle. Einer derselben, dessen Flächen gute Reflexe gaben, wurde mittels des zweikreisigen Goldschmidtschen Goniometers im Laboratorium des Herrn Professors V. Goldschmidt gemessen. Derselbe zeigte die folgende Combination (siehe Figur): $b = \{010\}\infty P\infty$, $f = \{110\}\infty P$, $a = \{210\}\infty P2$, $z = \{310\}\infty P3$, $\delta = \{350\}\infty P\frac{5}{3}$, $l = \{111\}-P$, $n = \{\bar{1}11\}P$.



Die Flächen waren glatt mit Ausnahme von $l\{111\}$; diese Pyramide war parallel den Combinationskanten von $\{111\}:\{010\}$ dicht gestreift, gab aber trotzdem gute Reflexe.

Die Form $\delta = \{350\} \infty P \frac{5}{3}$ ist für den Gyps neu. Dieselbe trat nur mit einer Fläche auf; diese war aber scharf und eben ausgebildet und gab einheitlichen Reflex, dessen Positionswinkel mit den berechneten gut übereinstimmten, so dass an der Sicherheit des Symbols nicht zu zweifeln ist. Die Messung ergab folgende Positionswinkel:

$$\varphi^{1)} = 138^{0}37' \qquad \varrho^{1)} = 90^{0}3'.$$

Berechnet nach den Elementen von Beckenkamp (diese Zeitschr. 1882, 6, 454):

$$\varphi = 138^{0}17' \qquad \varrho = 90^{0}0'.$$

8. C. Hlawatsch (in Wien): **Ueber den Brechungsexponenten einiger pigmentirter Mineralien.** M. H. Dufet hat in seiner Arbeit: »Mesures comparatives de l'indice de différents quartz«[2]) gefunden, dass bei Rauchquarz zumeist ein niedrigerer Brechungsexponent vorhanden zu sein pflegt, als bei farblosem Quarz, bei Amethyst hingegen ein höherer. Von dieser Regel scheinen aber nach Dufet's Beobachtungen einige Ausnahmen vorhanden zu sein. Dieselben lassen sich jedoch dadurch erklären, dass das Ausgangsmaterial kein farbloser, sondern ein rauchgrauer Quarz gewesen zu sein scheint. Ausserdem giebt Dufet an, dass die Färbung der Stücke nicht gleichmässig gewesen, so dass er an verschiedenen Stücken desselben Krystalles verschiedene Werthe erhielt. Unter solchen Umständen dürfte für dergleichen Untersuchungen die Methode der Totalreflexion nicht besonders geeignet erscheinen, da hier für die Messung des Brechungsexponenten nur jene Schicht des Präparates von Einfluss ist, welche die Grenze gegen das zweite Medium bildet. Bei ungleich gefärbten Krystallen kann nun leicht jene Grenzschicht einen anderen Brechungsexponenten besitzen, als der übrige Theil des Krystalles.

Der Autor kam nun auf etwas anderem Wege zu Resultaten, welche obige Wahrnehmung Dufet's bestätigen. Im Februar 1896 betraute ihn Hr. Prof. Rosenbusch mit der nochmaligen Bestimmung des Brechungsexponenten am Sillimanit von Saybrook in Connecticut. Bei der Untersuchung ergaben sich aber bedeutende Differenzen, und zwar sowohl gegen die frühere Messung Wülfing's[3]), als auch der Resultate untereinander. Hr. Rosenbusch sprach daher die Vermuthung aus, dass das Pigment des Sillimanit von Einfluss auf den Brechungsexponenten sei. Als sich nun bei einem der Prismen eine sehr ungleiche Vertheilung des Farbstoffes ergab, wurden eine dunkle und eine helle Stelle gesondert untersucht, und gefunden, dass erstere einen niedrigeren Brechungsexponenten besitze (s. Tab. S. 606). Der Einfluss des Pigmentes war also deutlich vorhanden. Da jedoch der Sillimanit bedeutenden mechanischen Einwirkungen ausgesetzt war, welche sich namentlich an einigen zerdrückten Krystallen in der Stufe, aus der das Untersuchungsmaterial stammte, erkennen liessen, und welche, wie aus der Tabelle ersichtlich, auch Einfluss auf die Doppelbrechung hatten, so wurden für weitere Untersuchungen andere Mineralien von constanter chemischer Zusammensetzung gewählt. Am tauglichsten erschien der Quarz in seiner Varietät als Rauchquarz, ferner der Flussspath.

---

1) Ueber die Bedeutung von φ und ϱ vergl. diese Zeitschr. 1893, 21, 211 ff.

2) Bull. de la soc. Minér. de Paris 18, 271. Ref. diese Zeitschr. 21, 281.

3) Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. 3. Aufl., S. 439.

Das Untersuchungsmaterial für Quarz bestand aus einem farblosen und zwei rauchgrauen Krystallen vom St. Gotthard. Der farblose Krystall verjüngte sich etwas gegen seine Spitze zu, daher der Brechungsexponent für den ausserordentlichen Strahl zu niedrig erscheint. Die sub 7, 8, 9 der Tabelle gegebenen Messungen stammen von einem Prisma, das aus einem grösseren Krystalle geschnitten wurde und ungleich stark gefärbte Zonen zeigte. Die stärker gefärbte Stelle ergab auch hier einen niedrigeren Brechungsexponenten. Zum Schlusse wurde das Prisma drei Stunden einer etwas unter der Rothglühhitze befindlichen Temperatur ausgesetzt, wodurch es fast farblos wurde. Der Brechungsexponent (Nr. 9 der Tabelle) war nunmehr bedeutend gestiegen.

Die Beobachtungen am Fluorit wurden an einem Präparate gemacht, das aus einem an den Ecken und in der Mitte farblosen, sonst dunkelviolblauen Krystalle geschliffen wurde. Auch hier ergaben die dunkleren Stellen einen bedeutend niedrigeren Brechungsexponenten. In folgender Tabelle sind alle oben erwähnten Beobachtungen zusammengestellt.

Mineral		Nr. der Beob.	Farbe	ω resp. α	ε resp. γ
Sillimanit		1	dunkelbraun	1,6549	1,6778
-		2	hellbraun	1,6612	1,6837
-	dasselbe	3	helle Stelle	1,6625	1,6839
-	Prisma	4	dunkle Stelle	1,6606	—
-	(Wülfing)	—		1,6603	1,6818
Quarz		5	farblos	1,54433	1,55305
-		6	rauchgrau	1,54388	1,55347
-	dasselbe	7	lichte Stelle	1,54408	1,55299
-	Prisma	8	dunkle Stelle	1,54387	1,55289
-		9	geglüht	1,54436	1,55344
Fluorit		10	farblos	1,43385	—
-		11	fast farblos	1,43378	—
-		12	dunkelviolblau	1,43342	—
-		13	-	1,43328	—

Aus diesen Beobachtungen geht nun hervor: Die Färbung des Krystalles ist auch dann von merklichem Einflusse auf den Brechungsexponenten, wenn sie nicht von der chemischen Zusammensetzung abhängt; und zwar giebt es Pigmente, welche den Brechungsexponenten des Krystalles herabdrücken. Dieselben sind also wahrscheinlich organischer Natur und besitzen eine sehr geringe Dichte. Im Einklang hiermit steht ihr Verschwinden beim Erhitzen. Leider konnte dieser Versuch beim Fluorit nicht vorgenommen werden, da der verwendete Krystall von zahlreichen Spaltrissen nach (111) durchzogen war und bei stärkerem Erwärmen zerfallen wäre.

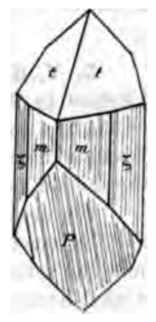
Das abweichende Verhalten des Amethyst, welches Dufet angiebt, steht im Einklang mit dem Verhalten beim Erwärmen, da die violette Färbung zuerst in eine gelbe übergeht und erst später verschwindet. Sie ist wohl anderer Natur, wie die ganz ähnliche des untersuchten Fluorits. Sie wurde auch schon früher auf anorganische Beimengungen zurückgeführt[1]. Der Autor untersuchte auch einen lichten Amethyst von Schemnitz, doch waren die Resultate zu unsicher, um hier mitgetheilt werden zu können. Ein dunkel gefärbter Amethyst stand dem Autor zur Zeit leider nicht zur Verfügung.

1) Vergl. Quenstedt, Handbuch der Mineralogie. 2. Aufl. S. 204.

Vorliegende Untersuchungen, welche der Autor später noch weiter auszudehnen gedenkt, wurden im Mineralogischen Institut der Universität Heidelberg durchgeführt, und sei hiermit Herrn Geheimrath Rosenbusch, der dieselben leitete und mich aufs Freundlichste unterstützte, hierfür sowie für die zur Verfügungstellung des Materiales der wärmste Dank ausgesprochen.

4. **K. A. Redlich** (in Leoben): **Rothbleierz aus dem Umtali-District (Mashonaland).** — In den goldführenden Penchalongagängen findet sich nicht selten Rothbleierz. Das Gestein, auf welchem die Krystalle sitzen, ist theils Talkschiefer mit Quarzeinschlüssen, theils reiner Quarzit, welcher reichlich Pyritkrystalle enthält, die zum grössten Theile in Göthit umgewandelt sind.

Die Krystalle des Rothbleierzes bedecken die ganze Oberfläche des Gesteines und haben einen Durchmesser von $\frac{1}{2}$—4 mm. Sie sind ausserordentlich stark verzerrt und lassen sich leicht nach den Prismenflächen $m\{110\}$ spalten.



Die an den Krystallen beobachteten Formen sind folgende:

Pyramide $t\{111\}$,
Prisma $m\{110\}$, $\zeta\{350\}$ und ein bis jetzt am Rothbleierz nicht beobachtetes negatives Orthodoma $\{\bar{4}03\}$.

In Bezug auf die Häufigkeit der Formen ist zu bemerken: Allen Krystallen gemeinsam sind die Formen $t\{111\}$ und $m\{110\}$, an vielen ist das Orthodoma $P\{\bar{4}03\}$ leicht nachzuweisen, am seltensten ist $\zeta\{350\}$. Die Flächenbeschaffenheit ist nur bei der Pyramide $t\{111\}$ eine sehr gute, während $m\{110\}$, $\zeta\{350\}$ und die Fläche $P\{\bar{4}03\}$ vertical gestreift sind, welche Streifung bei vielen Krystallen das Messen sehr erschwert.

Die Winkel betragen:

	Gemessen:	Berechnet nach Kokscharow:
$t : t =$	60° 39′	60° 49′ 46″
$t : m =$	34 4	34 59 31
$t : P =$	71 0	—
$P : t' =$	109 0	—
$m : P =$	57 17	57 35 25
$m : m_1 =$	86 14 30″	86 19 12
$m : \zeta =$	14 46	14 13 41

Bei den Formen $t\{111\}$ und $m\{110\}$ waren die Reflexe sehr gute und konnten bei vielen Krystallen leicht gemessen werden. Bei der Fläche $\zeta\{350\}$ ist zu bemerken, dass sie infolge ihrer Verticalstreifung bei mehreren Krystallen gar nicht, bei anderen nur ziemlich annähernd gemessen werden konnte. Bei den besten Krystallen war der Reflex sehr dilatirt, zeigte jedoch eine Culmination, welche bei einer Veränderung des Incidenzwinkels ihre Helligkeit nicht veränderte; gegenüber dieser war der Winkel zu $m = 14^0 46'$, welchem ein berechneter von $14^0 13' 41''$ gegenübersteht. — Die neue Form, der wir den Buchstaben P beilegen, ist gestreift und überdies stark gekrümmt, so dass es schwer fällt, den richtigen Reflex herauszufinden.

Auch hier erhält man erst durch Veränderung des Incidenzwinkels den sicheren Nachweis für die Richtigkeit der Einstellung. Aus der Neigung der Fläche P zum Prisma $m\{110\} = 57^0 17'$ erhält man das Zeichen $-a : \infty b : \frac{4}{3}c$ oder $\{\bar{4}03\}$.

Das Rothbleierz von Penchalonga findet bereits in einer Notiz von Alford[1]) Erwähnung. Aus dem kurzen Berichte ist zu entnehmen, dass sich in der Nähe der Chromate auch Bleierze finden, ja dass diese nichts anderes als Begleitmineralien des letzteren sind. Auch Sawyer[2]) nennt die Rothbleierze von demselben Fundorte. Wir müssen daher annahmen, dass sie an jener Stelle durchaus nicht selten sind. Ein Vorkommen eines Bleichromates soll schliesslich nicht unerwähnt bleiben, welches Dawson[3]) aus Prätoria beschreibt, das sich jedoch in seiner chemischen Zusammensetzung ($4PbO.3CrO_3$) wesentlich vom echten Rothblei unterscheidet.

Ob ein Vergleich mit unseren neu beschriebenen Funden am Platze ist, können wir nicht entscheiden, da es uns an genügendem Materiale zur chemischen Analyse gemangelt hat.

Eine ausführliche geologische Beschreibung des Umtalidistrictes folgt in einem Artikel des ersten Heftes der Oesterreichischen Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Jahrg. 1897, herausgegeben von Hans Höfer und C. v. Ernst.

5. V. Hackman (in Helsingfors): **Ueber eine neue Form am Realgar von Allchar in Macedonien.** — Bei einer im Institute des Herrn Prof. V. Goldschmidt in Heidelberg am zweikreisigen Reflexionsgoniometer ausgeführten Messung eines Realgarkrystalles von Allchar in Macedonien wurde am letzteren eine bisher noch nicht beobachtete Prismenform sicher festgestellt.

Die neue Form, die mit ζ bezeichnet werden soll, ist am gemessenen Krystalle in zwei scharf begrenzten ebenen Flächen ausgebildet, welche beide einheitliche scharfe Reflexe gaben. Aus den Messungen gingen folgende Positionswinkel hervor:

	Gemessen:		Berechnet:	
	φ[4])	ϱ[4])	φ	ϱ
für ζ^2:	$-148^0 43'$	$90^0\ 2'$	$-148^0 46'$	$90^0\ 0'$
- ζ^3:	148 46	90 3	148 46	90 0

Hieraus erhält man für ζ die Symbole $\infty\frac{5}{4}\{450\}$ bei Benutzung des aus 17 Messungen gefundenen Mittels für das Verhältniss der Elemente $\frac{p_0}{q_0}$[5]) $= 0,7578$.

Aus den Messungen ergaben sich ferner für die Elemente des Krystalles folgende Werthe:

$p_0 = 0,6745$ (Mittel aus 22 Messungen),
$q_0 = 0,8898$ (- - 23 -),
μ[5]) $= 66^0 14'$;
$a : b : c = 1,4414 : 1 : 0,9722$;
$\beta = 113^0 46'$.

1) Alford, Quarterly Journal of the geol. soc. 1894, **50**, 8, Sitzung am 7. Februar 1894 (Proceedings).

2) Sawyer, The Goldfields of Mashonaland, London 1894, p. 67, in einer Liste der gefundenen Mineralien aufgezählt.

3) Mineral. Magazine 1886, **6**, p. XVIII (briefl. Mitth.).

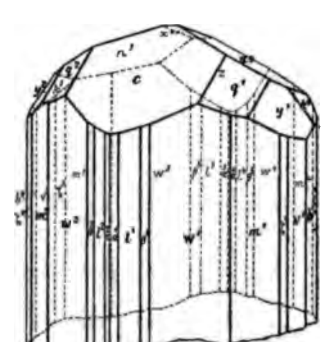
4) Ueber die Bedeutung der Positionswinkel φ und ϱ vergl. diese Zeitschr. 1893, **21**, 210.

5) Ueber die Bedeutung der Elemente p_0, q_0, μ vergl. Goldschmidt, Index der Krystallf. **1**, 15 und 82.

Berechnet wurde ferner $\zeta^1 : b^1 = (450):(010) = 31^{0} 14'$.

Der sehr flächenreiche Krystall ist in beistehender Figur perspectivisch dargestellt. Es fanden sich insgesammt folgende Formen vor:

c	b	a	l	β
0	0∞	3∞	2∞	$\frac{3}{2}\infty$
$\{001\}$	$\{010\}$	$\{310\}$	$\{210\}$	$\{320\}$
w	m	ζ	v	q
$\frac{4}{3}\infty$	∞	$\infty\frac{5}{4}$	$\infty\frac{3}{2}$	01
$\{430\}$	$\{110\}$	$\{450\}$	$\{230\}$	$\{011\}$
y	x	z	n	k
$0\frac{3}{2}$	-10	-20	$-1\frac{1}{2}$	$-1\frac{1}{3}$
$\{032\}$	$\{\bar{1}01\}$	$\{\bar{2}01\}$	$\{\bar{2}12\}$	$\{\bar{2}32\}$



Das Realgar desselben Fundortes ist bereits früher von H. v. Foullon[1]) gemessen und beschrieben worden. Von den daselbst angeführten Formen fehlen an unserem Krystalle: $\{100\}$, $\{012\}$, $\{\bar{1}11\}$, $\{\bar{4}31\}$. Dagegen weist unser Krystall als bisher von diesem Fundorte noch nicht verzeichnete Formen auf: $\{310\}$, $\{320\}$, *$\{450\}$, $\{230\}$ und $\{\bar{1}01\}$.

1) Verh. k. k. geol. Reichsanst. 1892, 171. Ref. diese Zeitschr. **24**, 643.

XXXII. Auszüge.

1. L. Duparc und F. Pearce (in Genf): **Untersuchungen über die Krystallformen einiger neuer organischer und anorganischer Substanzen** (Bull. soc. franç. d. min. 1895, 18, 31).

Benzoyläpfelsäure $C_6H_5-CO-O-CHCOOH$[1]
$\quad\quad | $
CH_2COOH.

Dargestellt von Guye. Krystalle aus Wasser.

Rhombisch. $a : b : c = 0,4849 : 1 : 0,4156$.

Comb. {010}, {110}, {011}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(010) =	*64° 8′	—
(011):(010)	*67 26	—
(110):(011)	80 21	80° 23′

Ebene der opt. Axen (001), 1. Mittell. Axe a.

Orthophenylbenzoësaures Natrium $C_6H_4 < {COONa(1) \atop C_6H_5(2)} + H_2O$.

Dargest. von den Verff. Kryst. aus Wasser. Monoklin.

$a : b : c = 1,6592 : 1 : ?;\ \beta = 124° 49'$.

Comb. {001}, {110}, nach ersterer Form tafelig, oder rhomboëderähnlich bei gleicher Grösse beider.

(110):(̄110) =	*72° 34′
(110):(001)	*70 15

Spaltb. {001}.

Orthophenylbenzoësaures Kalium $C_6H_4 < {COOK(1) \atop C_6H_5(2)} + H_2O$.

Dargest. gleich vor. Sehr rasch verwitternd.

Triklin. $a : b : c = 0,7933 : 1 : 0,7590$;
$\alpha = 108° 35',\ \beta = 49° 19',\ \gamma = 128° 3'$.

---

1) Die im Original angegebene Formel ist unrichtig. Andere Abweichungen dieses Referates vom Original beruhen auf Privatmittheilungen von Correcturen, welche der Ref. Hrn. Duparc verdankt. Der Ref.

Tafeln nach {001} (in der von den Verff. gewählten Stellung nach hinten geneigt) mit den Randflächen {100}, {010}, untergeordnet {1$\bar{1}$1}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(001):(100) =	*127° 37′	—
(001):(010)	*98 2	—
(100):(010)	*55 19	—
(1$\bar{1}$1):(001)	*61 35	—
(1$\bar{1}$1):(100)	*81 20	—
(1$\bar{1}$1):(0$\bar{1}$0)	75 44	75° 5′

Auf (001) bildet die Auslöschungsrichtung 30° mit der gr. Diagonale der Fläche.

Phenylglycolsaures Ammonium $C_6H_5CHOH.COONH_4$.

Dargestellt von Melikian. Rhombisch.

$a : b : c = 0,7305 : 1 : 0,5654.$

Prismen {110} mit gr. {010}, ferner {111}, {031}, {011}, {001}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(111):(010) =	*65° 52′	—
(111):(001)	*43 40	—
(110):(010)	53 51	53° 41′
(011):(010)	60 39	60 31
(011):(110)	73 12	73 3
(031):(010)	30 26	30 31
(031):(110)	59 29	59 20
(111):(011)	33 48	33 48
(111):(031)	44 2	43 58

Spaltb. nach {001} und {110}.
Ebene der opt. Axen (010), 1. Mittell. *c*.

Phenylglycolsaures Rechtscinchonin $C_6H_5CHOH.COOC_{19}H_{22}N_2$.

Dargest. von Dems. Rhombisch bisphenoidisch.

$a : b : c = 0,6834 : 1 : 1,8942.$

Tafelf. Comb. von {001} mit dem Bisphenoid {111}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(111):(001) =	*73° 25′	—
(111):(1$\bar{1}\bar{1}$)	*75 23	—
(111):($\bar{1}$1$\bar{1}$)	114 52	114° 30′

Spaltb. {100} vollk.
Ebene der opt. Axen (010); 1. Mittell. wahrscheinlich *a*.

Bromtoluchinonoximbenzyläther $C_6H_2Br^{(1)}O^{(2)}CH_3^{(3)}NOCH_2C_6H_5^{(5)}$.

Dargest. von Rust. Triklin.

$a : b : c = 1,7562 : 1 : 1,1580;$
$\alpha = 58° 42′, \beta = 121° 20′, \gamma = 119° 26′.$

Beob. Formen: $\{001\}$, $\{100\}$, $\{010\}$, $\{\bar{1}11\}$, $\{\bar{6}21\}$; entweder $\{001\}$ oder $\{100\}$ vorherrschend, im letzteren Falle fehlt die zu (621) parallele Fläche.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(001):(100) =$	*69° 10′	—
$(001):(010)$	*110 46	—
$(100):(010)$	*72 20	—
$(\bar{1}11):(001)$	*68 22	—
$(\bar{1}11):(010)$	*54 7	—
$(\bar{1}11):(100)$	86 44	86° 43′
$(6\bar{2}\bar{1}):(001)$	69 45	69 30
$(6\bar{2}\bar{1}):(100)$	33 33	33 16
$(6\bar{2}\bar{1}):(0\bar{1}0)$	76 55	77 25
$(6\bar{2}\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	63 45	63 48

Durch (001) eine opt. Axe sichtbar; Auslöschung auf (001) 31°, auf (100) 12° zu [001, 100] geneigt.

Kaliumluteophosphomolybdat $K_3PMo_9O_{31} + 7H_2O$.

Dargestellt von Kehrmann. Kleine, gelbe Krystalle aus Wasser.

Triklin hemiëdrisch (asymmetrisch).

$$a : b : c = 0,5938 : 1 : 0,6749;$$

$$\alpha = 60^0\,50',\ \beta = 114^0\,22',\ \gamma = 115^0\,26'.$$

Combinationen: $\{001\}$, $\{010\}$, $\{0\bar{1}\bar{1}\}$, $\{0\bar{1}0\}$, $\{011\}$, $\{\bar{1}00\}$, $\{100\}$, $\{10\bar{1}\}$, nach a verlängert; $\{001\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{\bar{1}00\}$, $\{011\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{100\}$, $\{0\bar{1}0\}$, nach b verlängert. Die Flächen meist gekrümmt.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(001):(0\bar{1}0) =$	*67° 52′	—
$(001):(100)$	*75 5	—
$(100):(010)$	*73 18	—
$(011):(010)$	*71 50	—
$(10\bar{1}):(100)$	*48 57	—
$(10\bar{1}):(010)$	57 41	57° 16′
$(011):(100)$	61 43	61 55
$(10\bar{1}):(0\bar{1}\bar{1})$	78 58	78 52½

Die Substanz ist isomorph mit der ebenfalls von Kehrmann dargestellten Wolframverbindung $K_3PW_9O_{31} + 7H_2O$ (s. diese Zeitschr. 21, 174 [1])); die Verff. haben jedoch eine andere Stellung gewählt, als Stuhlmann für letztere.

Kaliumluteophosphowolframat $K_3PW_9O_{31} + 14H_2O$.

Von Kehrmann durch Krystallisation einer Lösung des eben erwähnten Salzes bei niedriger Temperatur erhalten. Grosse grünliche Krystalle, welche sehr rasch verwittern.

Hexagonal. $a : c = 1 : 1,3603$.

1) Daselbst ist für diese Verbindung die Formel $K_3PW_8O_{28} + 8H_2O$ angegeben, welche Hr. Kehrmann auf Grund neuer Analysen in die obige umgeändert hat (siehe Zeitschr. f. anorgan. Chemie, 4, 138).

Comb. $\{10\bar{1}0\}$, $\{0001\}$, $\{10\bar{1}1\}$.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(10\bar{1}1):(0001)$ =	*57° 31′	—
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$	49 54	49° 53′

Ref.: P. Groth.

2. A. Michel-Lévy (in Paris): **Ueber die optischen Axen isomorpher Mischungen, speciell der Plagioklase** (Bull. soc. fr. d. min. 1895, **18**, 79).

Die Curven der Auslöschungsschiefen einer bestimmten Zone haben für alle Plagioklase einen, zwei oder drei gemeinsame Punkte; letztere, in eine stereographische Projection eingetragen, liefern zwei sphärische Curven, auf denen die Pole derjenigen Schnitte liegen, für welche alle Plagioklase gleiche Auslöschungsrichtungen besitzen. Diese Curven müssen aber zugleich auch die Tracen der optischen Axen der verschiedenen Plagioklase enthalten, wenn die letzteren Mischungen sind, für welche der Satz gilt, dass die Indexellipsoide der beiden darin enthaltenen Körper sich zu einem Indexellipsoid der Mischung zusammensetzen, dessen Radiusvector

$$R = \frac{m_1 \varrho_1 + m_2 \varrho_2}{m_1 + m_2},$$

wo ϱ_1 resp. ϱ_2 die Radienvectoren derselben Richtung für die Indexellipsoide der beiden in der Mischung enthaltenen Körper und $m_1 : m_2$ deren Mengenverhältniss bedeutet. Diese Zusammensetzung liefert nämlich Kreisschnitte, d. h. Ebenen, deren Pole zugleich die Tracen optischer Axen sind, wenn die betreffenden Schnittellipsen der einzelnen Ellipsoide zu einander senkrecht stehen und je einer Doppelbrechung entsprechen, welche im umgekehrten Verhältnisse der Quantitäten der beiden Endglieder der Mischungsreihe stehen. Wenn man also die Lage der optischen Axen und die Doppelbrechung dieser Endglieder kennt, so kann man daraus auf die Lage der optischen Axen einer bestimmten Mischung schliessen. Umgekehrt kann man durch das Zusammenfallen der Tracen der optischen Axen mit den Curven der gemeinsamen Auslöschungsschiefen erkennen, dass für die vorliegende Mischung die angegebene Beziehung ihrer optischen Eigenschaften zu denen der Componenten stattfindet. Die letztere Prüfung, auf Plagioklase, und besonders auf zonar gebaute, angewandt, ergab eine bessere Uebereinstimmung für die basischen, als für die sauren Glieder der Reihe.

Ref.: P. Groth.

3. H. Dufet (in Paris): **Ueber Kaliumferrocyanür, -ruthenlocyanür und -osmiocyanür** (Compt. rend. 1895, **120**, 377. — Bull. soc. fr. d. min. **18**, 95).

Der Verf. erhielt sowohl nach der Methode von Wyrouboff, aus einer Lösung von Kaliumchromat, als auch beim langsamen Verdunsten einer reinen Lösung, einfache Krystalle von Kaliumferrocyanür, welche die in der unten folgenden Tabelle angegebenen Messungen lieferten. Vollkommen isomorph damit erwiesen sich die beiden Salze, in denen Ruthenium resp. Osmium die Stelle des Eisens vertritt, und welche leichter optisch homogene Krystalle bilden. Beide Salze sind farblos und zeigen, wie das Ferrocyanür, die folgenden Formen: $\{010\}$ vorherrschend (Ebene der vollk. Spaltb.), $\{110\}$, $\{011\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{101\}$ (nicht messbar beim Osmiumsalz), $\{121\}$.

		$K_4FeCy_6.3H_2O$		$K_4RuCy_6.3H_2O$		$K_4OsCy_6.3H_2O$
	$a:b:c = 0,3936:1:0,3943$		$a:b:c = 0,3936:1:0,3948$		$a:b:c = 0,3929:1:0,39$[illegible]	
	$\beta = 90^0\,2'$		$\beta = 90^0\,6'$		$\beta = 90^0\,6'$	
	Berechn.:	Beobachtet:	Berechn.:	Beobachtet:	Berechn.:	Beobachtet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	—	*42⁰ 58′	42⁰ 58′	42⁰ 58′	42⁰ 53′	42⁰ 54′
$(110):(010)$	68⁰ 31′	68 29	—	*68 31	—	*68 33
$(011):(010)$	68 29	68 27	68 27	68 25	68 29½	68 27
$(121):(010)$	60 53	60 53	60 53	60 53	60 56	60 54
$(101):(10\bar{1})$	89 54	89 54½	89 49	89 52	89 50½	—
$(101):(011)$	48 53½	48 52	48 55	48 58	48 54	—
$(101):(110)$	48 48	48 52 appr.	48 44	48 54	48 44	—
$(110):(011)$	—	*82 15	—	*82 11	—	*82 12
$(110):(121)$	41 5	41 6	41 2	41 2½	41 2½	41 4
$(011):(\bar{1}01)$	48 55½	48 55	49 0	48 59½	49 0	49 1
$(110):(10\bar{1})$	—	*48 49½	—	*49 49	—	*48 48

Bei allen drei Salzen ist die Doppelbrechung negativ, die Axenebene senkrecht zu (010) und im stumpfen Winkel β gelegen;

	Fe-Salz:	*Ru*-Salz:	*Os*-Salz:
Winkel der ersten Mittellinie mit Axe c:	31⁰ 50′	32⁰ 10′	30⁰ 10′
Wahrer Axenwinkel $2V$ für D:	78 10	54 0	47 0
Mittl. Brechungsindex β für D:	1,5772	1,5837	1,6071

Ref.: P. Groth.

4. **F. Gonnard** (in Lyon): **Ueber einige Augitkrystalle aus dem Centralplateau** (Bull. soc. fr. min. 1895, 18, 99).

Lose Krystalle der gewöhnlichen Comb. {110}, {100}, {010}, {$\bar{1}$11}[1]) aus den Lapillen des Puy de la Rodde (Puy-de-Dôme) wurden von Pisani analysirt: SiO_2 47,10, CaO 20,25, MgO 12,70, FeO 9,60, Al_2O_3 10,20, K_2 und Na_2O 0,84, H_2O 0,20 (100,89). Spec. Gew. 3,266. Einfache und Zwillingskrystalle.

Vom Puy de Corent stammen grosse, mit Magnetitoktaëdern (bis 2 cm Kantenlänge) verwachsene Augitkrystalle, ebenfalls zum Theil Zwillinge, an welchen, abgesehen von denen der Prismenzone, folgende Formen beobachtet wurden: {$\bar{1}$11}, {$\bar{2}$21}, {021}, {111}, {001}[2]).

Die gewöhnliche Combination zeigen ferner die Augitkrystalle vom Puy de la Vache, Puy de Charade, ferner die aus dem Basalttuff von Thiézac und Maillargues bei Allanches im Cantal, endlich die von Rochesauve bei Chomérac im Ardèche.

Ref.: P. Groth.

5. **E. Ritter** (in Paris): **Ueber einige Zeolithe von Nieder-Californien** (Ebenda 106. S. auch Arch. d. sc. phys. et nat. Genève 1895 (3), 33, 330).

---

1) Stellung der Krystalle nach Des Cloizeaux.

2) Für die beiden Formen {$\bar{2}$21} und {111} giebt der Verf. die Symbole {121} und {$\bar{2}$11} an und identificirt sie mit Des Cloizeaux's μ und α; wie aber aus den Figuren hervorgeht, in denen $b^{\frac{1}{2}}$ nach vorn gekehrt ist, handelt es sich um die Formen $b^{\frac{1}{2}}$ und $d^{\frac{1}{2}}$, welche wegen der rhombischen Pseudosymmetrie des Augit fast dieselben Winkel besitzen. Der Ref.

Heulandit in Hohlräumen des Andesit von Las Tres Virgines und Toreto; Comb. {001}, {010}, {110}, {101}, {$\bar{1}$01}; Winkel der optischen Axen $2E$ an verschiedenen Stellen einer Spaltungsplatte 70°—74½°.

Skolezit von dem letztgenannten Fundorte: 1 cm lange Nadeln mit neg. Doppelbrechung und 15°—22° Auslöschungsschiefe.

Ref.: P. Groth.

6. P. Gaubert (in Paris): **Ueber eine neue Methode der Erzeugung von Doppelbrechung in kubischen Krystallen** (Bull. soc. fr. min. 18, 107).

Legt man einen Krystall von Alaun, Baryumnitrat, Bleisalpeter oder Natriumchlorat, welcher keine Doppelbrechung zeigt, auf ein Objectglas, stellt im Mikroskope die obere Fläche ein und bringt ein Lösungsmittel hinzu, so sieht man bald an dem bei der Auflösung unregelmässig werdenden Umrisse der eingestellten Fläche ein doppeltbrechendes Band erscheinen, welches sich der Mitte nähert und endlich verschwindet, wenn die betreffende Fläche durch die Auflösung des Krystalles zum Verschwinden gebracht ist. Von der Flüssigkeit, am besten einer nahe gesättigten Lösung derselben Substanz, darf nur wenig über der eingestellten Fläche stehen. Die doppeltbrechenden Streifen haben an jeder Stelle die Richtung ihrer kleinsten optischen Elasticität parallel ihrer Längsrichtung, welche auch die untersuchte Fläche sei und welcher Substanz der Krystall auch angehöre.

Ref.: P. Groth.

7. A. Carnot (in Paris): **Ueber die chemische Zusammensetzung der Türkise** (Ebenda 119).

Der Verf. analysirte den Türkis a. aus den Burrow Montains im Grant Co., Neu-Mexico, b. von Persien:

	a.	b.
P_2O_5	28.29	29,43
Al_2O_3	34,32	42,17
CuO	7,41	5,10
FeO	0,91	4,50
CaO	7,93	—
MnO, MgO	Spuren	—
F	Spuren	—
H_2O	18,24	18,59
Unlösl. (Quarz etc.)	2,73	0,21
	99,83	100,00

Diese Analysen entsprechen der Formel $P_2O_5 . 2Al_2O_3 . 5H_2O$, wenn man annimmt, dass Al_2 theilweise vertreten ist durch Cu_3, Fe_3, Ca_3. Dass das Eisen ganz als Oxydul vorhanden ist, wurde besonders nachgewiesen.

Die Untersuchung zweier Proben von Odontolith (fossiles Elfenbein), deren eine von Munster in Irland stammt, ergab:

P_2O_5	43,46	41,27
F	3,02	3,45
Al_2O_3	22,59	17,71
Fe_2O_3	6,45	5,80
CaO	20,10	24,72
MgO	Spuren	0,99
CO_2	5,07	5,60
Thon	0,37	0,18
Glühverlust	—	1,20
	101,06	100,92

Abgesehen vom Fluor- und Kohlensäuregehalt unterscheiden sich also diese Umwandlungsproducte fossiler Knochen durch den Gehalt an Fe_2O_3 vom echten Türkis.

Ref.: P. Groth.

8. **Ch. Baret** (in Nantes): **Pseudomorphose von Damourit nach Disthen** (Bull. soc. fr. min. 1895, **18**, 123).

In einem Eklogit bei Bouvron (Loire-Inférieure) fand sich dichter grüner Damourit mit eingewachsenem Rutil und Epidot, ferner dasselbe Mineral als Umwandlungsproduct langer, in Quarz eingewachsener Disthenkrystalle.

Ref.: P. Groth.

9. **L. Duparc** und **P. Stroesco** (in Genf): **Ueber die Krystallformen des Thymochinon und einiger Derivate** (Ebenda 126).

L. Duparc und **F. Pearce** (in Genf): **Krystallform des Bromthymochinonoxim** (Arch. sc. phys. nat. Genève 1895 (3), **33**, 397). Sämmtliche untersuchte Körper sind von Kehrmann dargestellt.

Thymochinon $C_6H_2O^{(3)}O^{(6)}\!<\!\begin{matrix}CH_3(1)\\C_3H_7(4)\end{matrix}$.

Schmelzp. 45½°. Kryst. aus Ligroin und aus Alkohol. **Triklin.**

$\alpha = 52^0\,36'$, $\beta = 132^0\,35'$, $\gamma = 117^0\,44'$.

Comb. $\{100\}$, $\{010\}$, $\{001\}$, tafelf. nach $\{100\}$.

$(001):(010)$	$= 116^0\,44'$	beob.
$(001):(100)$	$56\;\;33$	-
$(100):(010)$	$84\;\;20$	-

Citrongelb. Auslöschung auf (100) unter 5° zur Axe c im spitzen Winkel α, auf (010) unter 26° zu c im spitzen Winkel β; durch (100) eine Axenhyperbel sichtbar. Spaltb. $\{100\}$.

Thymochinonoxim $C_6H_2O\!<\!\begin{matrix}CH_3(1)\\C_3H_7(4)\\NOH(6)\end{matrix}$.

Zersetzungsp. 160°. Aus Alkohol Nadeln mit paralleler Auslöschung.

Acetyl-Thymochinonoxim $C_6H_2O^{(3)}\!<\!\begin{matrix}CH_3(1)\\C_3H_7(4)\\NOCOCH_3(6)\end{matrix}$.

Schmelzp. 78°. Aus vor. dargestellt. Kryst. aus Ligroin. **Monoklin.**

$a:b:c = 0,3569:1:0,3367; \quad \beta = 92^0 5\frac{1}{2}'$.

Comb. {010} vorherrschend, {110}, {120}, {011}, {012}, {032}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(1$\bar{1}$0) =	*39° 16′	—
(110):(011)	*81 58	—
(011):(0$\bar{1}$1)	*37 12	—
(032):(011)	7 54	8° 11′
(012):(011)	9 3	9 3
(120):(110)	16 2	15 52½
(110):(012)	—	84 42½
(110):(032)	—	79 30½
(120):(011)	77 48	77 51
(120):(032)	—	73 15
(120):(012)	—	85 16½

Citrongelb. Ebene der opt. Axen ⊥ (010), 44° zur Axe c im sp. Winkel β.

Benzoyl-Thymochinonoxim $C_6H_2O \begin{cases} CH_3(1) \\ C_3H_7(4) \\ NOCOC_6H_5(6) \end{cases}$.

Schmelzp. 110°. Kryst. aus Benzol-Ligroin. Triklin.

$a:b:c = 0,6370:1:0,5554;$

$\alpha = 99^0 14\frac{1}{2}', \quad \beta = 97^0 50\frac{1}{2}', \quad \gamma = 100^0 21\frac{1}{2}'$ [1]).

Comb. {100}, {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {$\bar{1}$01}, {001}, {011}, {0$\bar{1}$1}, {$\bar{1}$11}, nach Axe c prismatisch.

	Beobachtet:	Berechnet:
(001):(100) =	*80° 12′	—
(001):(010)	*79 3	—
(100):(010)	*78 6	—
(110):(100)	*28 56	—
(0$\bar{1}$1):(001)	*31 34	—
($\bar{1}$01):(001)	45 22	45° 22′
(011):(001)	26 24	26 24
(1$\bar{1}$0):(100)	35 48	35 47
(1$\bar{1}\bar{1}$):(100)	63 50	63 53
($\bar{1}$11):(001)	44 16	44 19½
(0$\bar{1}$1):($\bar{1}\bar{1}$0)	82 17	82 15
(0$\bar{1}$1):($\bar{1}$01)	48 15	48 16
(0$\bar{1}$1):(1$\bar{1}$0)	74 58	74 58
(0$\bar{1}$1):($\bar{1}$11)	62 51	62 40
(10$\bar{1}$):(11$\bar{1}$)	24 46	24 42½
(011):($\bar{1}$01)	54 59	55 9½
(110):(10$\bar{1}$)	63 31	63 43½
(10$\bar{1}$):(010)	90 29	90 27
(011):($\bar{1}$11)	39 18	39 29½
($\bar{1}$11):($\bar{1}$10)	48 17	48 17

1) Gegen die Stellung des Verfs. um 180° um die Verticalaxe gedreht, so dass (001) nach vorn gerichtet ist. Der Ref.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(1\bar{1}\bar{1}):(110)$	= 82° 26′	82° 26′
$(011):(\bar{1}10)$	81 22	81 34
$(0\bar{1}1):(100)$	92 53	93 0
$(110):(001)$	76 59	76 57

Gelb. Auslöschung auf (100) und 10° gegen *c* im st. Winkel *α*, auf (010) ‖ *c*. Axenebene ‖ *c*, eine Mittell. ⊥ (010).

Jodthymochinon $C_6HO_2 \begin{cases} CH_3(1) \\ J(2) \\ C_3H_7(4). \end{cases}$

Schmelzp. 61°—62°. Kryst. aus Ligroin (prismatisch) und Alkohol (nadelförmig). Monoklin.

$a : b : c = 2{,}0164 : 1 : 0{,}4834$; $\beta = 100° 3'$.

Comb. {110}, {100}, {210}, {001}, {101}, {$\bar{1}$01}.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(100):(001)$	= *79° 57′	—
$(101):(001)$	*12 46	—
$(110):(\bar{1}10)$	*53 28	—
$(210):(100)$	44 59	44° 48′
$(210):(001)$	83 9	82 53
$(210):(101)$	73 59	74 1
$(\bar{1}01):(001)$	13 20	13 50
$(110):(10\bar{1})$	88 20	88 18
$(210):(10\bar{1})$	87 20	87 20
$(110):(101)$	79 17	79 57
$(110):(001)$	85 40	85 30

Ebene der opt. Axen ⊥ (010), 14° gegen *c* geneigt. Starker Pleochroismus, ‖ *c* orange, ‖ *b* roth.

Acetyl-Jodthymochinonoxim $C_6HO.CH_3^{(1)}.J^{(2)}.C_3H_7^{(4)}.NOCOCH_3^{(6)}$.

Schmelzp. 67°—68°. Kryst. aus Ligroin, vollkommen identisch mit denen der weiterhin beschriebenen Bromverbindung.

Ebene der opt. Axen (010), 1. Mittell. *c*; kleiner Axenwinkel mit starker Dispersion $\varrho < v$. Schwing. ‖ *c* gelb, ⊥ *c* dunkler.

Benzoyl-Jodthymochinonoxim $C_6HO.CH_3^{(1)}.J^{(2)}.C_3H_7^{(4)}.NOCOC_6H_5^{(6)}$.

Schmelzp. 144°. Kryst. aus Ligroin-Benzol. Rhombisch.

$a : b : c = 0{,}6745 : 1 : 0{,}3799$.

Nadelf. Comb. {110}, {120}, {010}, {011}, {111}.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(011):(010)$	= *69° 12′	—
$(110):(1\bar{1}0)$	*68 0	—
$(111):(010)$	71 45	71° 41′
$(120):(110)$	19 26	19 27
$(110):(111)$	55 48	55 49

	Beobachtet:	Berechnet:
(120):(111) =	58° 2′	58° 0′
(110):(011)	78 20	78 33
$(1\bar{1}1)$:(110)	77 40	77 51
(011):(111)	27 50	27 44

Verticale Schwingung grünlichgelb, horizont. orange. Axenebene (010), c 1. Mittell. —.

Bromthymochinon $C_6HO_2.CH_3^{(1)}.Br^{(2)}.C_3H_7^{(4)}$.

Schmelzp. 46°—47°. Kryst. aus Ligroin. Monoklin.

$a : b : c = 2{,}2284 : 1 : 2{,}5002; \ \beta = 94°\,11'$.

Comb. {001}, {102}, {100}, $\{10\bar{2}\}$, $\{\bar{1}11\}$, {011}, {111}, tafelf. n. (001) und verlängert nach b.

	Beobachtet:	Berechnet:
(001):(100) =	*85° 49′	—
(100):(111)	*66 1	—
(001): 111)	*68 24	—
(100): 102)	57 33	57° 34′
(100): $10\bar{2}$)	64 2	63 56
(011): 001)	68 9	68 9
($\bar{1}$[illegible]00	68 42	68 40
($\bar{1}$[illegible]$\bar{1}\bar{1}$	—	60 16
(1[illegible]02	59 54	59 43
(1[illegible]$0\bar{2}$	82 28	82 44
(0[illegible]00	88 23	88 27
(0[illegible]$0\bar{2}$	71 20	71 15
$(10\bar{2})$:$(\bar{1}11$	62 13	61 56
(111):$(1\bar{1}1$	116 0	116 3

Axeneb. ⊥ (010), u. 4° zu a im st. Winkel β; b 1. Mittell. Doppelbr. —.

Brom-Thymochinonoxim $C_6HO.CH_3^{(1)}.Br^{(2)}.C_3H_7^{(4)}.NOH^{(6)}$.

Zers. b. 158°. Monoklin.

$a : b : c = 1{,}0699 : 1 : 0{,}8737; \ \beta = 103°\,38'$.

Kryst. aus Alkohol: {100}, {010}, {011} mit oder ohne $\{\bar{1}11\}$; meist Zwillinge nach (100), welche stets nur an einem der beiden Krystalle {011} zeigen. Kryst. aus Benzol: {100}, {010}, {001}, $\{\bar{1}01\}$; stets Zwillinge nach demselben Gesetze, welche entweder am Ende nur die beiden Flächen $(\bar{1}01)$ und $(10\bar{1})$, oder noch eine {001}-Fläche des einen Krystalles, oder (001) des einen und $(\bar{1}01)$ des anderen zeigen.

	Beobachtet:	Berechnet:
(011):(100) =	*79° 39′	—
(011):(010)	*49 40	—
$(\bar{1}11)$:$(\bar{1}00)$	*65 45	—
$(\bar{1}11)$:(010)	53 31	53° 8′
$(\bar{1}11)$:$(0\bar{1}1)$	87 16	87 20
(100):(001)	76 33	76 22
$(\bar{1}01)$:$(\bar{1}00)$	58 42	59 7

Verticale Schwing. blassgelb, horiz. tiefgelb.

Ebene der opt. Axen ⊥(010); Winkel mit c von 16½⁰—20⁰ schwankend in verschiedenen Krystallen, und zwar ergaben stets die beiden Krystalle eines auch geometrisch unsymmetrischen Zwillings (s. oben) etwas verschiedene Werthe. Die Verff. vermuthen daher, dass es sich um Verwachsungen zweier stereoisomerer, krystallographisch einander sehr nahe stehender Körper handelt [1].

Acetyl-Bromthymochinonoxim $C_6HO.CH_3^{(1)}.Br.^{(2)}C_3H_7^{(4)}.NOCOCH_3^{(6)}$.

Isomorph mit der Jodverbindung (S. 618); Kryst. aus Ligroin. Schmelzp. 71⁰—72⁰. Rhombisch.

$a : b : c = 0,5767 : 1 : 0,4777.$

Comb. {010}, {110}, {120}, {111}, {212}, {001}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(111):(001) =	*43⁰ 43′	—
(111):(010)	*69 48	—
(110):(1̄10)	60 0	60⁰ 0′
(120):(110)	19 0	19 4
(111):(120)	49 15	49 14
(111):(1̄11)	73 32	73 32
(212):(111)	9 49	9 49
(212):(001)	40 45	40 45
(212):(110)	50 41	50 41
(212):(120)	56 52	56 50
(212):(2̄12)	—	98 30

Gelb. Ebene der opt. Axen (100), c 1. Mittell., Axenwinkel sehr klein: Doppelbr. —.

Krystalle einer isomorphen Mischung von 40 % der Brom- und 60 % der Jodverbindung zeigten die optische Orientirung der ersteren und den Pleochroismus der letzteren, jedoch in schwächerem Grade.

Benzoyl-Bromthymochinonoxim $C_6HO.CH_3^{(1)}.Br^{(2)}.C_3H_7^{(4)}.NOCOC_6H_5^{(6)}$.

Schmelzp. 119⁰—120⁰. Kryst. aus Ligroin-Benzol. Triklin.

$a : b : c = 1,3560 : 1 : 0,7836;$
$\alpha = 66^0\,53'$, $\beta = 72^0\,57\frac{1}{2}'$, $\gamma = 76^0\,43'$.

Comb. {100}, {010}, {001}, {11̄0}, {101}, {111}, {011}, {1̄12}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(001):(100) =	*103⁰ 6′	—
(001):(010)	*110 28	—
(100):(010)	*97 30	—
(111):(010)	*69 32	—
(111):(001)	*52 32	—
(101):(001)	30 58	31⁰ 17′
(101):(01̄0)	66 6	65 46

1) Ganz unverständlich ist jedoch auch unter dieser Annahme, dass die Krystalle aus verschiedenen Lösungsmitteln abweichende Cohäsionsverhältnisse besitzen sollen; die Verff. geben nämlich an: Krystalle aus Alkohol spaltbar (100); Krystalle aus Benzol vollk. spaltb. (001) und (1̄01). Der Ref.

	Beobachtet:	Berechnet:
(011):(001)	= 44° 22′	44° 37′
(1$\bar{1}$0):(100)	49 45	49 54
(1$\bar{1}$0):(001)	81 38	81 36
($\bar{1}$12):(001)	27 53	28 4
($\bar{1}$12):(010)	86 10	86 0
($\bar{1}$12):($\bar{1}$00)	58 54	58 26
(101):(111)	44 22	44 43
(1$\bar{1}$0):(101)	61 6	60 54
(101):(011)	58 7	58 21
(101):($\bar{1}$12)	54 36	54 25
(111):(011)	30 58	31 17
(111):(1$\bar{1}$0)	81 33	81 22
(011):(100)	103 6	103 36

Citrongelb. Auslöschung auf (100) und (010) ∥ *c*.

Acetyl-Dinitrotoluhydrochinon $C_6H.OH.(NO_2)_2^{(3,6)}.CH_3^{(1)}.OCOCH_3^{(2)}$.

Dargestellt von Kehrmann und Brasch, Journ. prakt. Chem. **89**, 384. Kryst. aus Chloroform. Schmelzp. 145° ca. Monoklin.

$a:b:c = 1,1724:1:1,3631;\ \beta = 111°26'$.

Comb. {100}, {110}, {010}, {$\bar{1}$02}, {012}, {011}, {001}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(001):(100)	= *68° 34′	—
(100):(110)	*47 30	—
(011):(010)	*37 36	—
(011):(110)	42 30	42° 31′
(011):($\bar{1}$10)	64 26	64 18
(011):(100)	77 5	77 7
(012):(001)	33 0	32 59
(012):(100)	72 9	72 9
(012):(110)	52 16	52 31
(012):($\bar{1}$10)	78 42	78 47
(001):(110)	75 28	75 42
($\bar{1}$02):(001)	35 25	35 17
($\bar{1}$02):(011)	—	60 7
($\bar{1}$02):(012)	47 0	46 47

Gelb. Ebene der opt. Axen (010), 1. Mittell. ⊥(001), d. i. 21° mit *c* im stumpfen Winkel β; starke Dispersion $\rho < v$.

Ref.: P. Groth.

10. P. Gaubert (in Paris): **Ueber die Entstehung secundärer Flächen an kubischen Krystallen** (Bull. soc. fr. d. min. 1895, 18, 141).

Wenn man an Oktaëdern von Chrom- und Aluminium-Alaun durch Auflösung oder auf mechanischem Wege Ecken und Kanten abrundet und die Krystalle dann weiter wachsen lässt, so entstehen Flächen von {100}, {211}, {221}, welche aber bald wieder verschwinden. Das gleiche Verhalten zeigen auch Kubooktaëder von Blei- und Baryumnitrat.

Ref.: P. Groth.

11. L. Gentil (in Paris): **Ueber ein Sillimanitvorkommen von Algier** (Bull. soc. fr. d. min. 1895, 18, 169).

In einem Schriftgranit des Boulevard Bon-Accueil (Mustapha) bei Alger findet sich Sillimanit in bis 5 cm langen gelblichweissen Fasern mit weissem Muscovit ($2E = 73^0$, $d = 2,844$), zum Theil in handgrossen Tafeln; der Mikroklin des Gesteines enthält zahlreiche Albitschnüre.

Ref.: P. Groth.

12. A. de Gramont (in Paris): **Directe Spectralanalyse der Mineralien** (Ebenda 171). Mit 1 Textfigur u. 1 Tafel[1]).

Wenn man den elektrischen Funken zwischen zwei, von Pincetten mit Platinspitzen gehaltenen, kleinen Stückchen eines Minerals, welches metallisch leitet oder auch nur im Funken flüchtig ist, überspringen lässt, so sind im Spectrum des Funkens die charakteristischen Linien der einzelnen Bestandtheile des Minerals sichtbar. Die günstigsten Bedingungen zum spectralanalytischen Nachweise auch derjenigen Elemente, welche nur in geringer Menge vorhanden sind, erhält man, wenn man den Funken eines Condensators[2]) von wenigsten 10 dm^2 anwendet, welcher durch einen starken Inductionsapparat geladen wird. Die zugleich sichtbaren Luftlinien werden sehr schwach, wenn man die Funkenstrecke sehr kurz (unter 1 mm) nimmt, was man durch einen entsprechend construirten Halter, an welchem die die Proben tragenden Pincetten durch Schrauben verstellbar sind, erreichen kann. Zur Beobachtung genügt ein gewöhnliches Spectroskop mit einem Prisma, nur für den Nachweis von Nebenbestandtheilen in sehr geringen Mengen ist ein Apparat mit stärkerer Dispersion nöthig. Die Messungen der Linien wurden mit einer Mikrometerscala ausgeführt, deren Angaben auf graphischem Wege (unter Benutzung der Werthe von Thalén) in Wellenlängen umgewandelt wurden. In dem folgenden kurzen Auszuge konnten natürlich die zahlreichen Tabellen, welche die Messungsresultate des Verfs. enthalten, nicht wiedergegeben werden.

Schwefel. Wenn mau einen Condensator von 40—50 dm^2 Oberfläche und einen Inductionsapparat, welcher 3—5 cm lange Funken liefert, anwendet, so erhält man das in der Figur S. 623 mit »soufre« bezeichnete Spectrum. Von den Liniengruppen desselben sind für die Erkennung des Schwefels in Verbindungen besonders wichtig die erste im Roth liegende, ferner β und γ, welche meist unverändert auftreten (nur bei Gegenwart von Silber fällt in erstere, und von viel Arsen in letztere, eine helle *Ag*- resp. *As*-Linie hinein), endlich δ, welche aber oft durch die intensiven Linien des Kupfers und des Bleis verdeckt wird.

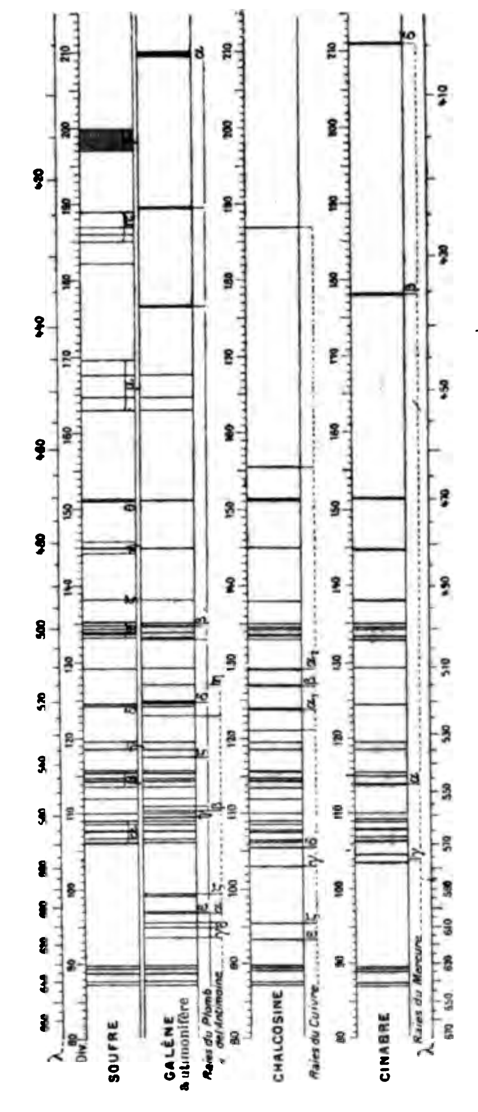
Selen ist in Mineralien noch leichter zu erkennen, als Schwefel, besonders durch seine Linien im Grün und Blau; am meisten charakteristisch sind die Linien α, γ, δ, ε und die Gruppen β und ζ (s. »Berzeline« auf der Tafel zu S. 627).

1) Ueber den Inhalt dieser umfangreichen Experimentaluntersuchung wurden zum Theil bereits vorher kürzere Mittheilungen vom Verf. veröffentlicht in den Compt. rend. 1894 (**118**, 591, 746; **119**, 68) und 1895 (**120**, 778; **121**, 121). Die Clichés der beigegebenen Abbildungen der Spectren wurden von dem Hrn. Verf. freundlichst zur Verfügung gestellt.

2) Wenn man den Condensator weglässt, so verschwinden die Linien der Metalloide, und es erscheinen nur die hellsten Linien der Metalle auf hellem Grunde, weil die Proben in's Glühen gerathen. Geschmolzene und dabei nicht zersetzbare Salze, besonders Haloidsalze, zeigen mit dem Condensator ebenfalls die Linien der einzelnen Bestandtheile, sind also dissociirt, während sie ohne Condensator die verschiedenen, für jede der Verbindungen charakteristischen Spectren geben.

Tellur. Auch hier ist das Linienspectrum nur mit dem Condensator zu sehen. Seine wichtigsten Linien sind: α, β, γ, δ, ε (s. Spectrum des »Tétradymite« Taf. zu S. 627).

Antimon. Sehr leicht zu erkennen durch die hellen Linien γ, δ, α im Orangeroth (s. »Galène antimonifère« auf beistehender Figur).



Arsen giebt mit dem Condensator, ohne sich zu entzünden, ein Spectrum mit mehr als 50 Linien, unter denen die am meisten charakteristischen sind: δ_1 und δ_2 im Roth und β, α_1, α_2, γ, ε im Grün (s. Spectrum des »Dufrénoysite« Taf. z. S. 627).

Vom Chlor erscheinen im Spectrum geschmolzener Chloride die Linien ζ und ε, ferner β, γ, δ, ebenso die Jodlinien in demjenigen der Jodide.

Gold. Die wichtigsten Linien sind: β im Roth ($\lambda = 627,7$), α im Gelb (583,6), δ im Grün (523,0), γ im Blau (479,2).

Silber ist selbst in sehr geringer Menge leicht zu erkennen durch die drei intensiven grünen Linien: γ (547,0), α (546,4), β (520,9). Vgl. die mit »Argent« bezeichn. Spectren der Tafel zu S. 627.

Quecksilber zeigt weniger zahlreiche, aber sehr glänzende Linien, welche meist auch ohne Condensator erscheinen, und durch die es sicher constatirt werden kann; es sind besonders: im Roth eine Linie bei 615,1, im Grün γ (578,0, 576,8), eine dritte Linie bei 567,8 und α (546,0), im Indigo β (435,8) und im Violett δ (404,7).

Kupfer ist auch in geringen Mengen nachzuweisen durch die Linien: γ (578,1), δ (570,0), α_1 (521,7), β (515,3), α_2 (510,5). S. die abgebildeten Spectren von Chalcosin und Berzéline.

Blei. Die charakteristischen Linien im Spectrum bleihaltiger Mineralien (s. »Galène, Dufrénoysite«) sind: $\lambda = 665,6$ im Roth, γ (560,7) und ζ (537,2) im Grün, φ (438,6) und ψ (424,6) im Indigo.

Zink. Da Zinkblende weder leitet, noch flüchtig ist, wurden andere zinkhaltige Mineralien untersucht, welche besonders folgende Linien des Metalls zeigten: β (636,2) im Roth, α (481,0), γ (472,2), δ (467,9) im Blau.

Zinn ist besonders charakterisirt durch die Linien 645,2 im Roth, 579,8 im Gelb, 558,8 und 556,2 im Grün, endlich α (452,4) im Blau.

Germanium zeigt zwei breite und sehr helle Linien α (602,0) und β (589,1) im Orange; s. Spectrum des Argyrodit.

Wismuth liefert schon ohne Condensator ein Linienspectrum, welches aus dem des Tetradymit (s. Tafel) zu entnehmen ist.

Eisenhaltige Mineralien sind besonders charakterisirt durch die Linien: 441,5 im Blau und γ, η, λ im Indigo.

Nickel: α (547,6) und β (508,1) im Grün, γ (471,4) im Blau, ζ (440,2) im Indigo.

Kobalt ist durch die blauen Linien γ (486,7), ζ (483,9), ι (481,4) neben Nickel und Eisen selbst dann zu erkennen, wenn es durch die Analyse nicht mehr nachweisbar ist.

Titan mit der Hauptlinie 625,7 im Roth ist besonders durch Liniengruppen, welche cannellirten Banden gleichen, charakterisirt.

Molybdän zeigt weniger Linien und besonders drei (556,9, 553,2, 550,5) im Grün.

Magnesium namentlich erkennbar durch die drei grünen Linien 518,3, 517,2, 516,7.

Calcium zeigt, besonders in den Chloriden, die zahlreichen hellen, von Lecoq de Boisbaudran angegebenen Linien.

Spectren der Mineralien.

Gold von den Philippinen: Ausser den nicht zu beseitigenden Linien der Luft erschienen diejenigen des Goldes (mit einigen bisher nur im Funkenspectrum der Chlorverbindung beobachteten) und des Silbers.

Eisenglanz, vulkan. a. Dolomit: nur mit sehr starkem Primärstrome und entsprechendem Condensator erscheinen die Eisenlinien im Grün, Blau und Violett.

Anatas, Brookit und besonders Rutil geben nur schwierig ein gutes Titanspectrum.

Ilmenit liefert ein schönes Spectrum mit den Titanlinien im Roth und Blau und den Eisenlinien im Grün und Violett.

Cuprit von Chile liefert leicht die charakteristischen Kupferlinien.

Senarmontit: die hauptsächlichsten Antimonlinien, besonders im Roth.

Spectren von Pyrolusit und Hausmannit sind nicht zu erhalten, da diese Mineralien weder leiten, noch flüchtig sind.

Delafossit von Ekatherinenburg: Linien von *Cu* und einige des *Fe*.

Kassiterit von Cornwall giebt ein gutes Spectrum (s. oben).

Galenit liefert mit grösster Leichtigkeit ein schönes Spectrum, bestehend aus den glänzenden breiten *Pb*-Linien und den Gruppen der feinen scharfen *S*-Linien; ausserdem erhält man stets deutliche Linien von *Fe* im Violett, fast immer die des *Zn*, manchmal die des *Sb* (s. Figur S. 623), endlich die Linien Ag_α und Ag_β, auch wenn der Silbergehalt ein minimaler ist.

Argentit von Böhmen: von den Silberlinien besonders hell die beiden grünen α und β; von denen des Schwefels sind die im Violett diffus und gemengt mit denen des Eisens; endlich einige Zinklinien.

Argyrodit von Freiberg: ähnlich dem vor., aber mit den Germaniumlinien, besonders den beiden hellen α und β; s. die Tafel zu S. 627.

Chalkosin (s. Figur S. 623) zeigt stets im Violett einige Eisenlinien; Harrisit liefert das gleiche Spectrum ohne eine Spur von Bleilinien.

Stromeyerit von Chile: Linien von *Ag*, *Cu*, *S*.

Pyrit (und Magnetkies) liefert das linienreichste Spectrum, welches vom Eisen ausser den Linien des Funkenspectrums auch eine Anzahl des Bogenspectrums, ferner die zahlreichen Schwefellinien enthält. Lässt man den Condensator weg, so bleiben von den Eisenlinien nur die wichtigsten Gruppen übrig, und man kann dann leicht die von beigemengten Metallen, wie *Zn*, *Cu* und *Tl*, erkennen; *As* ist nur mit dem Condensator und bei geringer Menge schwer nachweisbar.

Chalkopyrit: vom vorigen verschieden durch die drei hellen Kupferlinien α, β, γ und geringere Helligkeit der Eisenlinien, untergeordnet einige Selen- und Zinklinien.

Bornit zeigt die *Cu*-Linien noch heller, der von Cornwall auch die von *Tl*.

Zinnober s. Figur S. 623. Schwache Eisenlinien im Violett.

Wismuthglanz von Schlaggenwalde: leicht zu erhaltendes Spectrum, in welchem einige *S*-Linien durch benachbarte des *Bi* beeinträchtigt werden. Bei den sechs folgenden Mineralien fallen die beiden Wismuthlinien 520,8 (γ) und 520,1 zusammen mit Ag_{β} resp. Pb_{δ}, so dass sie je als eine helle Linie erscheinen.

Alaskaït von Colorado: ausser *Pb*, *Bi*, *S* noch *Cu* und einige Linien von *Zn* und *Fe*.

Cosalit (Bjelkit) von Blekke: *Bi*, *S*, *Pb*.

Beegerit von Colorado: *Bi*, *S*, *Pb*, *Ag*, *Cu* und *Fe* zum Theil.

Schirmerit von Colorado: *Bi*, *S*, *Pb*, *Ag*.

Emplektit von Sachsen: *Bi*, *S*, *Cu*.

Aikinit vom Ural: *Bi*, *S*, *Pb*, *Cu*.

Millerit (Lancaster, Pa.) giebt sehr leicht ein schönes Spectrum mit zahlreichen Nickellinien, durch welche diejenigen des Schwefels zum Theil beeinträchtigt werden, ferner schwache Linien von Eisen und Kobalt.

Polydymit von Sudbury: *Ni*, *S*, *Fe* (besonders deutlich die violetten Linien) und *Cu* (von beigemengtem Chalkopyrit).

Grünauit von Sayn-Alkenkirchen: *Ni*, *S*, *Cu*, *Fe*, *Zn*, *Bi*, die letzteren variirend, da es sich um ein Gemenge handelt.

Molybdänit erfordert einen sehr starken Funken und zeigt nur die Linien des Molybdäns, nicht die des Schwefels.

Stannin von Cornwall verhält sich nicht wie ein homogenes Mineral und liefert meist ein continuirliches Spectrum; einzelne Stückchen zeigten vor dem Erglühen die Linien von *Cu*, *S*, *Fe*, *Sn* und *Zn*.

Allemontit zeigt die Linien des Antimons deutlicher, als die des Arsens, besonders im Roth und Grün. Unter den letzteren sind zwei sonst nicht angegebene, As_{ε} (523,0) und As_{ζ} (510,3), für die Unterscheidung vom Antimon von Wichtigkeit.

Nickelin: *Ni*-Linien fast so stark, wie *As*, schwach: *Bi*, *Fe*, *S*.

Chloanthit: *As*-Linien viel stärker, als *Ni*, sonst wie vor.

Domeykit: gutes Spectrum von *Cu* und *As* mit zahlreichen feinen *Fe*-Linien.

Leukopyrit und Löllingit geben das gleiche *As*-*Fe*-Spectrum.

Smaltin: *As*, *Co*, *Fe* (besonders im Violett), *Ni*- und einige *S*-Linien.

Dyskrasit giebt leicht ein schönes Silber- und Antimonspectrum mit einigen *As*-Linien.

Arit: *Ni*, *Sb*, *As*, ferner *Zn* und *S*.

Realgar: schönes Arsenspectrum, während das des Schwefels kaum sichtbar ist. Auripigment giebt nur schwierig Arsenlinien.

Dufrenoysit (s. Tafel) und Guitermanit geben leicht gute Spectren; das des letzteren ist besonders im Roth heller; die rothen *As*-Linien gut, die grünen schwächer als die des *S*, letztere und *Pb*-Linien etwa wie im Bleiglanz; schwache Linien von *Cu* und *Tl*.

Proustit leitet nicht, giebt aber in Folge seiner Flüchtigkeit die Linien von Silber und etwas schwieriger die von Arsen und Schwefel.

Gersdorffit: vorherrschend *As*, ferner *Ni* und zurücktretend *S* und *Fe*. Korynit zeigt dieselben Linien und ausserdem die von *Sb* und *Co*.

Enargit, S. Famatina: Spectrum des Chalkosin mit den Arsenlinien, besonders den rothen; untergeordnet: *Zn*, *Fe*, *Pb*.

Arsenopyrit leitet so gut, wie Pyrit, und giebt das gleiche Spectrum verbunden mit den sehr hellen rothen und grünen Linien des Arsens.

Kobaltin: Dasselbe mit den Kobaltlinien.

Tennantit: Spectrum des Tetraëdrit (s. unten), in welchem die Arsenlinien vorherrschen und die des Antimons zurücktreten oder auch ganz fehlen.

Antimonit giebt nur schwierig ein Spectrum, in welchem man jedoch die Linien von *Sb* und *S* gut erkennen kann.

Die natürlichen Bleisulfantimonite (Zinckenit, Plagionit, Jamesonit, Boulangerit, Meneghinit, Geokronit) unterscheiden sich nur durch die Intensität der Bleilinien.

Bournonit leitet weniger gut und zeigt besonders deutlich: im Roth *Sb*, im Grün *Pb* und noch heller *Cu*, endlich *S*, namentlich β und γ.

Famatinit: *Cu*, *Sb*, *S*, untergeordnet: *As*, *Zn*, *Fe*.

Guejarit: *Cu*, *Sb*, *S*, wie bei vor., aber *Sb* viel besser sichtbar.

Brogniartin giebt leicht ein gutes Spectrum von *Sb*, *S*, *Pb*, *Ag*.

Polybasit: *Ag* besonders intensiv, ferner *Cu*, *As* und *Sb* ungefähr in gleicher Stärke, *S* besonders im Roth, *Fe* schwach.

Berthierit a. d. Auvergne verhält sich wie ein Gemenge von Antimonit und Pyrit, indem er bald das Spectrum des ersteren fast ohne *Fe*-Linien, bald diese letzteren sehr vorwaltend zeigt.

Pyrargyrit: vorherrschend die Linien von *Ag* und *Sb*; ausser *S* noch intermittirend *Cu*- und *As*-Linien, an anderen *Pb* und *Zn*.

Stephanit giebt dasselbe Spectrum, etwas mehr ausgedehnt im Violett.

Tetraëdrit: auf einem Hintergrunde feiner Linien von Eisen und Schwefel treten die grünen Kupferlinien und die rothen Antimonlinien lebhaft hervor; deutlich sind die Linien des Zinks, wechselnd nach dem Vorkommen die von Silber und Arsen; bei dem sogenannten Freibergit (Silberfahlerz) sind die Silberlinien sehr lebhaft.

Ullmannit von Sardinien giebt sehr leicht ein schönes Spectrum mit allen


Zu Seite 627.

450 440 430 420 410

170 180 190 200 210

ζ δ

170 180 190 200 210

170 180 190 200 210

170 180 190 200 210

φ ψ α

Ni-Linien, starken *Sb*-Linien, trotz der geringen Menge deutlichen *Co*-Linien, während *Fe* und *As* nicht erkannt werden konnten.

Plumbostannit scheint nicht homogen zu sein und zeigt die Linien von *Sb*, *Pb*, *Sn*, *Zn*, *S*, *Cu*, *Fe*, *Tl*.

Selenblei: schönes Blei- und Selenspectrum mit deutlichen Silberlinien.

Selenkupferblei: *Pb*, *Cu*, *Se*, *Ag*.

Eukairit zeigt ausser *Cu*, *Ag*, *Se* einige Linien, welche dem Vanadin anzugehören scheinen.

Selenkupfer: *Cu*, *Se*, *Ag*, *Pb*, *Tl* (s. anliegende Tafel: »Berzéline«).

Guanajuatit: *Bi*, *Se*, ausserdem *Cu* und *Tl*.

Hessit vom Altai: schönes Silber- und Tellurspectrum mit einigen kaum sichtbaren Schwefellinien.

Tetradymit von Brasilien (s. anliegende Tafel): *Bi*, *Fe*, *S* (letztere nur schwach, daher nicht in der Figur angegeben).

Nagyagit: liefert leicht ein schönes Spectrum mit den *Pb*-, *Te*-, *Au*-, *Sb*- und *S*-Linien.

Die folgenden Chlorverbindungen sind nicht leitend, verflüchtigen sich aber im Funken und geben dann die betreffenden Linien (vergl. S. 622, Anm. 2)).

Chlorsilber: *Ag*, *Cl*.

Boleït und Cumengeït: *Pb*, *Cu*, *Cl*, und bei ersterem noch *Ag*.

Atacamit von Chile: *Cu*, *Cl* und die Hauptlinien von *Ag*.

Chlorjodsilber: *Ag*, *Cl*, *J*, letzteres schwach.

Nadorit giebt schwierig ein Spectrum mit Blei- und Antimonlinien.

Kryolith, an den Elektroden geschmolzen, liefert die Linien von *Na*, *Al*, *Li*.

Krokoit: *Pb*, *Cr*.

Uranpecherz liefert nur die violetten Bleilinien.

Ein aus dem Meteoreisen von Cañon Diable isolirtes Phosphoreisen endlich zeigt zahlreiche Eisenlinien, ferner deutlich *Ni* und *P*, von welchem 15 Linien identificirt wurden.

Ref.: P. Groth.

13. L. Gentil (in Paris): **Ueber einige Zeolithe von Algier** (Bull. soc. fr. d. min. 1895, 18, 374).

In einem stark zersetzten, vulkanischen Gesteine am Cap Bengut bei Dellys (Dep. Alger) finden sich folgende Zeolithe: Thomsonit in radialfasrigen Aggregaten, Stilbit aus blättriger Ausfüllung schmaler Spalten, Analcim {211} in grosser Menge.

Ref.: P. Groth.

14. P. Termier (in Paris): **Ueber die optischen Eigenschaften und die Verwachsungen des rhombischen Bleioxydes** (Ebenda 376).

Um die Verbrennungswärme der beiden Modificationen des Bleioxydes zu bestimmen, stellte Le Châtelier dieselben auf nassem Wege dar und erhielt bei gewissen Darstellungen beide neben einander.

Die rothe tetragonale Modification, sehr schwach doppeltbrechend, bildet Pyramiden mit Basis oder nach letzterer taflige, rechtwinklig sternförmige und gestrickte Krystallaggregate.

Die gelbe rhombische Modification bildet äusserst dünne Tafeln, wahrscheinlich nach (001) der Stellung von Nordenskiöld, begrenzt von $\{100\}$, $\{010\}$ und Prismen, deren Winkel approximativ 28°, 43°, 52°, 63°, 83° betragen. Brechbarkeit über 1,8; Doppelbrechung sehr stark, 0,04—0,05; Pleochroismus deutlich: $\mathfrak{a}$ (b) blassgrau, $\mathfrak{c}$ (a) hellgelb; die Tafelfläche ist Ebene der optischen Axen. Da nach der gewählten Stellung $a:b:c = 0,666:1:0,971$, so ist a eine pseudotetragonale Axe, und dem entsprechend sind die Tafeln häufig mit $\|$ a unter 90° verwachsen; noch häufiger sind Zwillinge und Drillinge unter 60° mit gemeinsamer pseudobinärer Axe, endlich auch noch complicirtere Verwachsungen, welche zeigen, dass es sich hier nicht nur um eine pseudotetragonale, sondern um eine pseudokubische Substanz handelt.

Ref.: P. Groth.

15. F. Gonnard (in Lyon): **Ueber einige Krystallformen französischer Eisenspäthe** (Bull. soc. fr. d. min. 1895, **18**, 382).

An Krystallen aus dem Gard (wahrscheinlich von Palmesalade) erscheinen ausser $\{100\} = \{10\bar{1}1\}$: mit grossen, aber matten Flächen das seltene negative Skalenoëder $\{31\bar{3}\} = \{24\bar{6}1\}$, als schmale Abstumpfung desselben $\{22\bar{3}\} = \{05\bar{5}1\}$ und ganz untergeordnet $\{10\bar{1}\} = \{11\bar{2}0\}$.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(31\bar{3}):(100)$	= 49° 35′	49° 20′
$(31\bar{3}):(13\bar{3})$	37 27	36 30

Dieses Vorkommen ist von Pyrit und Quarz begleitet.

Von Châteauneuf-les-Bains im Puy-de-Dôme wurden zwei Combinationen beobachtet: a) das würfelähnliche Rhomboëder $\{55\bar{4}\} = \{03\bar{3}2\}$, abgestumpft durch das gestreifte, für Siderit neue Rhomboëder $\{10.1.1\} = \{30\bar{3}4\}$ und durch $\{111\} = \{0001\}$; b) linsenförmige Krystalle mit $\{10\bar{1}\} = \{11\bar{2}0\}$. Beiderlei Krystalle hohl, schalenförmig aufgewachsen und von Bleiglanz und Quarz begleitet.

Auf den Gängen von Pontgibaud ist Eisenspath häufig, meist nur das primäre Rhomboëder. Der Verf. beobachtete ferner grosse Krystalle mit dem neuen Rhomboëder $\{411\} = \{10\bar{1}2\}$ (beobachteter Polkantenwinkel: 45° circa, ber. 45° 29′) und $\{10\bar{1}\} = \{11\bar{2}0\}$.

Bei Vizille (Isère) kommt die Comb. $\{100\}$, $\{111\}$ vor.

Ref.: P. Groth.

16. P. Termier und **A. Richard** (in Paris): **Form und optische Eigenschaften des Tetracalciumphosphates** (Ebenda 391).

An den rectangulären Tafeln der bekannten Thomasschlacke $P_2O_9Ca_4$ (aus der Hütte zu Kladno) beobachteten die Verff. die Comb. $\{010\}$, $\{011\}$, $\{110\}$.

$$a:b:c = 0,5773 : 1 : 1,255$$ [1].

Beobachtete Winkel (Mittelwerthe):

$(110):(010)$	= 60° 0′
$(011):(010)$	51 49

Spec. Gew. 2,9—3,1. Schwierig spaltb. n. $\{010\}$, $\{100\}$, $\{001\}$. Blassgelb mit schwachem Pleochroismus (grösste Absorption $\|$ a). Mittl. Brech.-Index

1) Miers, diese Zeitschr. **15**, 520, erhielt ganz ähnliche Werthe, nahm aber die vorherrschende Fläche als $\{001\}$.

1,64. Ebene der opt. Axen (010), c 1. Mittell. $2V = 20^0$ ca. roth, 40^0 ca. blau; Doppelbr. +, 0,02—0,03. Bei starker Vergrösserung zeigen Schliffe nach (010) Zwillingslamellen nach (011) und (100), besonders nach ersterer Fläche, mit einer kleinen Auslöschungsschiefe (0°—5°). Die Krystalle sind daher nur pseudorhombisch und in Wirklichkeit monoklin mit (010) als Symmetrieebene.

Ref.: P. Groth.

17. **O. Nordenskiöld** (in Stockholm): **Ueber den Edingtonit von Bôhlet in Schweden** (Ebenda 396).

Die von Lindström aufgefundenen Krystalle erwiesen sich als rhombisch-hemiëdrisch.

$$a : b : c = 0,9872 : 1 : 0,6733.$$

Beobachtete Formen: {110}, {001}, {111}, {11̄1}, {121}, {12̄1}; die Krystalle sind nach c bis 3 cm lang und oft nach einem Flächenpaare von {110} tafelförmig.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(11̄0) =	*89° 16′	—
( ) 001)	*43 47	—
( ) 1̄1)	58 14	58° 10′
( ) (1̄ 1)	59 2	59 0
(2̄) (001)	56 35	56 28
(2̄) (11̄0)	37 40	37 45

Spaltb. {110} vollk., {001} deutlich.
Spec. Gew. 2,776.
Ebene der opt. Axen (010), 1. Mittell. c, Doppelbr. —.

$2E =$	86° 51′ *Li*,	87° 17′ *Na*,	88° 8′ *Tl*
$2V =$	52 47 -	52 55 -	53 10 -

Mittelst zweier Prismen wurde bestimmt:

$\alpha =$	1,5344 *Li*,	1,5370 *Na*,	1,5401 *Tl*
	1,5361 -	1,5395 -	1,5418 -
$\beta =$	1,5466 -	1,5492 -	1,5522 -
$\gamma =$	1,5511 -	1,5540 -	1,5566 -

Basische Platten zeigten Andeutungen pseudotetragonaler Zwillingsbildung.

Hiernach zeigt die Krystallform des Minerals eine grosse Aehnlichkeit mit der des Natroliths.

Ref.: P. Groth.

18. **A. de la Durandière** (in Paris): **Ueber ein Vorkommen von Ottrelith bei St. Barthélemy, Orne** (Ebenda 398).

In Andalusit führenden metamorphischen Schiefern bei Saint-Barthélemy, SO von Alençon, findet sich das Mineral in zahlreichen schwarzgrünen hexagonalen Täfelchen von 1—2 mm Durchmesser und $\frac{1}{2}$ mm Dicke. Dieselben zeigen die Zwillingsbildungen und optischen Eigenschaften des Ottrelith aus den Ardennen und sind reich an Einschlüssen von Quarz und kohliger Substanz.

Ref.: P. Groth.

19. **L. Gentil** (in Paris): **Materialien zur Mineralogie von Algier** (Ebenda 399).

I. Im liasischen Kalke des Plateaus von Ouarsenis, Alger, finden sich zahlreiche Gänge, welche wesentlich aus einem eisenoxydhaltigen Gemenge der Carbonate von Zink und Calcium bestehen und in deren Hohlräumen folgende Mineralien beobachtet wurden:

Calamin: Comb. {010}, {110}, {101}, {011}, rectangulär tafelförmig und oft zu fächerartigen Gruppen verwachsen; die grösseren Krystalle sind trübe durch zahlreiche Flüssigkeitseinschlüsse.

Smithsonit, das Haupterz, findet sich selten krystallisirt in sehr kleinen Rhomboëdern, ferner in blassgrünen, durchscheinenden Skalaktiten und nierenförmigen Ueberzügen von sehr feinkrystallinischer Beschaffenheit.

Als »Zinkblüthe« bezeichnet der Verf. ein Gemenge einer amorphen Substanz (Zinkhydrat?) mit feinvertheiltem Smithsonit, welches sich häufig in weissen dünnen Krusten und kugeligen Partien von concentrischer Textur als jüngste Bildung der Lagerstätten findet.

Zinkblende selten, Comb. {100}, {111}, {110}.

Calcit ist sehr häufig; wenn krystallisirt, zeigt er {11.0.$\bar{1}\bar{1}$.4} oder {0$\bar{2}$21} mit untergeordneten Flächen von {10$\bar{1}$1} und {0001}.

Sparsam finden sich Bleiglanz und Cerussit; letzterer in kleinen, aber schönen Krystallen der Combinationen: a) {010}, {110}, {350}, {021}, {111}, {001}, {130}, dünntafelig nach (010); b) {110}, {111}, {010}, {021} in pyramidalen Krystallen; c) am häufigsten und grössten sind nach c prismatische Krystalle mit gross ausgebildeten {001}, an denen beobachtet wurden: {001}, {100}, {010}, {130}, {102}, {012}, {111}. Zwillinge des gewöhnlichen Gesetzes.

Ausserdem kommen vor: Pyrit, Limonit, Baryt.

II. Mit dem früher (diese Zeitschr. 26, 224) beschriebenen Granat vom Cap Bou-Garoune kommen vor: grosse, oberflächlich zersetzte und kleinere glänzende Liëvritkrystalle mit den Formen {110}, {120}, {130}, {111}. Schliffe nach (001) zeigen deutlichen Pleochroismus: $\parallel b$ dunkelbraun, $\parallel a$ heller braun; Bustamit in langstengeligen Aggregaten (Querschnitte zeigen die Flächen von {100}, {010}, {110} und Zwillingsbildung nach {100}) von grüner Farbe, ähnlich dem von Campiglia; dem letzteren beigemengt erscheinen Pyrit und Epidot.

Ref.: P. Groth.

20. H. Dufet (in Paris): **Krystallographische Notizen** (Bull. soc. fr. d. min. 1895, 18, 414).

Indophenol des Carvacrols
$$OC\!<\!\begin{matrix} \overset{C_3H_7\;\;H}{C{=}C} \\ \underset{H\;\;\;H}{C{=}C} \end{matrix}\!>\!C{=}N(C_6H_4)N(CH_3)_2.$$

Dargest. von Bayrac, Bull. soc. chim. 1894, 11, 1131. Monoklin.

$a:b:c = 1{,}3800:1:1{,}4769;\quad \beta = 101^0\,55'.$

Comb. {001}, {201}, {221}, {100}, {20$\bar{1}$}, {22$\bar{1}$}, {011}.

	Berechnet:	Beobachtet:
(001):(201) =	—	*55° 27′
(201):(20$\bar{1}$)	—	*49 28
(011):(001)	—	*55 19
(221):(001)	68° 0′	68 0

	Berechnet:	Beobachtet:
$(\bar{2}21):(001)$ =	81° 7′	81° 9′
$(221):(2\bar{2}1)$	97 19	97 29
$(011):(221)$	33 51	33 45
$(011):(\bar{2}21)$	41 47	41 54
$(011):(\bar{2}2\bar{1})$	66 10	66 3

Keine Spaltbarkeit. Undurchsichtig, metallisch blau auf {001} und {011}, cantharidengrün auf den übrigen Flächen.

Indophenol des m-Cresylols $OC\!<\!\begin{smallmatrix} H \quad CH_3 \\ C{=}C \\ C{=}C \\ H \quad H \end{smallmatrix}\!>\!C{=}N(C_6H_4)N(CH_3)_2$.

Dargest. von Dems. Monoklin.

$a : b : c = 1,605 : 1 : 1,077; \quad \beta = 92^{\circ}\,24'$.

Comb. {001}, {100}, {110}, $\{11\bar{1}\}$ mit meist unvollkommenen Flächen.

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(001)$ =	87°36′	87°45′
$(110):(100)$	—	*58 2
$(110):(001)$	88 44	—
$(110):(11\bar{1})$	—	*38 44
$(11\bar{1}):(001)$	—	*52 32
$(100):(11\bar{1})$	66 47	66 21

Messinggelb, undurchsichtig.

Indophenol des p-Xylenols $OC\!<\!\begin{smallmatrix} CH_3 \quad H \\ C{=}C \\ C{=}C \\ H \quad CH_3 \end{smallmatrix}\!>\!C{=}N(C_6H_4).N(CH_3)_2$.

Dargest. von Dems. Monoklin.

$a : b : c = 0,4112 : 1 : 0,4102; \quad \beta = 90^{\circ}\,23'$.

Comb. {010}, {110}, selten noch {111}.

$(110):(1\bar{1}0)$ =	*44°42′
$(111):(1\bar{1}1)$	*32 17
$(111):(110)$	*42 40

Undurchsichtig. Dunkelbraun auf {010}, gelb mit lebhaftem Metallglanze auf den anderen Flächen.

Indophenol des Thymols $OC\!<\!\begin{smallmatrix} C_3H_7 \quad H \\ C{=}C \\ C{=}C \\ H \quad CH_3 \end{smallmatrix}\!>\!C{=}N(C_6H_4)N(CH_3)_2$.

Dargest. von Bayrac, Bull. soc. chim. 1892, 7, 97. Monoklin.

$a : c = 0,9328; \quad \beta = 90^{\circ}\,30'$.

Comb. {001}, {101}, {301}, $\{30\bar{1}\}$, nach der b-Axe prismatisch, ohne Endflächen.

	Berechnet:	Beobachtet:
(001):(101) =	—	*46° 38′
(101):(30$\bar{1}$)	—	*60 14
(301):(101)	25° 35′	25 31

Undurchsichtig. Blau auf {001}, hell metallisch grün auf den anderen Flächen

Osmiamsaures Ammonium $OsO_3N(NH_4)$.

Isomorph mit dem entsprechenden Kaliumsalze (s. diese Zeitschr. 22, 594 [1])

Tetragonal.

$a : c = 1 : 1,6510.$

Comb. {101}, {111}.

	Berechnet:	Beobachtet:
(111):(1$\bar{1}$1) =	—	*81° 5′
(111):(11$\bar{1}$)	46° 22′	46 22
(101):(011)	74 26	74 30
(101):(10$\bar{1}$)	62 24	62 22

Hellgelb.

Ammoniakpalladiumchlorür $PdCl_2.2NH_3$.

Gelbe Modification. Tetragonal.

$a : c = 1 : 1,60345.$

Comb. {001}, {101}, {102}, {110}.

	Berechnet:	Beobachtet:
(101):(001) =	—	*58° 3′
(102):(001)	38° 43′	38 44
(101):(011)	73 44	73 43½
(102):(012)	52 30	52 31

Kaliumpalladionitrit $(NO_2)_4PdK_2.2H_2O$.

Triklin. $a : b : c = 0,7809 : 1 : 0,7111.$

$\alpha = 81° 30\frac{1}{2}'$, $\beta = 107° 29'$, $\gamma = 92° 17'$.

Comb. {010}, {1$\bar{1}$0}, {110}, {0$\bar{1}$1}, {011}, {101}, {10$\bar{1}$}.

	Berechnet:	Beobachtet:
(110):(010) =	—	*51° 34′
(1$\bar{1}$0):(0$\bar{1}$0)	—	*54 29
(0$\bar{1}$1):(0$\bar{1}$0)	—	*50 7
(0$\bar{1}$1):(011)	—	*68 7
(101):(010)	94° 11′	94 9
(1$\bar{1}$0):(101)	46 56½	46 49
(101):(011)	46 4	46 1
(110):(101)	55 10	55 17
(101):(0$\bar{1}$1)	47 5	47 3
(1$\bar{1}$0):(0$\bar{1}$1)	55 31	55 26
(0$\bar{1}$1):($\bar{1}$01)	54 1	54 7
(110):(011)	—	*59 28
(011):($\bar{1}$01)	61 28	61 30

1) Daselbst ist das Salz durch einen Druckfehler als osmiumsaures Kalium bezeichne

Hellgelb. Auslöschung auf (010) unter 30° zu c im st. Winkel β. Starke Dispersion der Hauptschwingungsrichtungen.

Kaliumoxalotitanat $2C_2O_4HK.TiO_2.H_2O$.

Dargest. von **Péchard**, Compt. rend. 1893, **116**, 1513. Triklin.

$$a : b : c = 1,7067 : 1 : 0,8180;$$
$$\alpha = 103^\circ 12\tfrac{1}{2}', \quad \beta = 97^\circ 26', \quad \gamma = 101^\circ 4'.$$

Comb. $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{001\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{1\bar{1}\bar{1}\}$, manchmal ziemlich gross $\{81\bar{6}\}$, seltener $\{100\}$ und $\{021\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$(001):(1\bar{1}0) =$	—	*89° 53′
$(001):(1\bar{1}1)$	41° 0′	41 1
$(1\bar{1}\bar{1}):(00\bar{1})$	—	*41 6
$(001):(110)$	—	*77 55
$(001):(111)$	—	*39 38
$(11\bar{1}):(00\bar{1})$	50 1	50 2
$(1\bar{1}0):(110)$	—	*120 39
$(1\bar{1}0):(100)$	68 40	68 44
$(1\bar{1}0):(111)$	70 39	70 33
$(1\bar{1}0):(11\bar{1})$	65 37	65 37
$(110):(\bar{1}11)$	60 27	60 33
$(021):(\bar{1}11)$	26 3	26 13
$(110):(1\bar{1}1)$	100 11	100 27
$(1\bar{1}1):(111)$	111 17	111 10
$(1\bar{1}\bar{1}):(11\bar{1})$	78 54	78 51
$(11\bar{1}):(1\bar{1}1)$	137 13	137 19
$(111):(\bar{1}11)$	36 57	36 56
$(110):(81\bar{6})$	73 23	73 50
$(1\bar{1}0):(81\bar{6})$	83 50	83 30
$(81\bar{6}):(00\bar{1})$	38 0	37 56

Aethyläther einer Campheranhydridketonsäure

$$C_3H_7-CH\begin{matrix} \diagup C(H_2)-C(H_2) \diagdown \\ \diagdown C(H_2)-C(O) \diagup \end{matrix}C\begin{matrix} \diagup C_6H_5 \\ \diagdown O\text{-}C_2H_5 \end{matrix}.$$

Dargest. aus Rechtscamphersäure von **Bürcker**, Bull. soc. chim. 1895 (3), **13**, 901. Monoklin hemimorph.

$$a : b : c = 1,3715 : 1 : 2,4290; \quad \beta = 101^\circ 39'.$$

Comb. $\{001\}$, $\{110\}$, $\{100\}$, $\{101\}$, $\{011\}$ (an Stelle von $(0\bar{1}1)$ gerundete, nicht bestimmbare Flächen).

	Berechnet:	Beobachtet:
$(001):(100) =$	—	*78° 21′
$(101):(001)$	—	*51 57
$(110):(100)$	—	*53 20
$(110):(001)$	83° 4½′	83 5
$(011):(001)$	67 12	67 8
$(011):(110)$	38 10	38 13
$(011):(\bar{1}10)$	46 10	45 56

Spaltb. (001) vollkommen.

Ebene der opt. Axen (010), durch (001) eine Axe sichtbar unter $49\frac{1}{2}^0$ zur Norm. im spitzen Winkel β geneigt, die andere nahe || (001). Durch Totalreflexion wurde für *Na* gefunden:

$$\alpha = 1,5101, \quad \beta = 1,5777, \quad \gamma = 1,6083.$$

Daraus folgt $2V = 65^0 20'$; 1. Mittell. 50^0 m. *c* im sp. Winkel β. Doppelbrechung —, sehr stark. Dispersion nicht merklich.

Ref.: P. Groth.

21. A. Lacroix (in Paris): **Ueber Structur und optische Eigenschaften einiger derber oder erdiger Silicate** (Compt. rend. 1895, **121**, 737. — Bull. soc. fr. min. **18**, 426. S. auch d. Verfs. Minéralogie de la France, II. fasc.).

Chromocker bildet kleine Kugeln, zusammengesetzt aus Blättchen mit einer vollkommenen Spaltbarkeit, sehr kleinem Axenwinkel, Doppelbr. negativ und Pleochroismus wie Glimmer, wozu das Mineral seinem *K*- und *Mg*-Gehalte nach gehört.

Glaukonit, dem vor. sehr ähnlich, $2E$ meist 30^0—40^0, manchmal aber auch fast Null.

Seladonit unterscheidet sich von letzteren durch deutlicheren Pleochroismus; die Textur ist oft fasrig-blättrig.

Berthierin von Lothringen besteht, wie Chamosit, wesentlich aus einem Chlorit, welcher concentrische Oolithe bildet; $2E$ sehr klein, $\alpha - \beta = 0,010$ ca. Der in dem Bavalit von der Bretagne und Normandie enthaltene Chlorit ist eisenreicher.

Ebenfalls zu den Chloriten gehört der blaue, sehr stark pleochroitische Bestandtheil des Aërinit; grosser Axenwinkel, aber durch Superposition der Blättchen stellenweise einaxig; keine Auslöschung in Folge starker Dispersion.

Sepiolith von St. Ouen bei Paris ist oft deutlich blättrig, $2E$ bis 112^0; durch Verwachsung einaxig. Dieselbe glimmerartige Substanz mit verworrener Textur und vielleicht mit Colloiden gemengt bildet den Meerschaum.

Die Mineralien Halloysit, Montmorillonit und ähnliche enthalten stets eine krystallisirte Substanz mit ähnlichen optischen Eigenschaften, wie Kaolin, unterscheiden sich aber von letzterem durch die Textur und geringeren Widerstand gegen Säuren.

Nontronit (Pinguit, Gramenit) besteht ganz aus glimmerähnlichen Blättchen mit grossem Axenwinkel, Doppelbr. —, über 0,020; pleochroitisch.

Ref.: P. Groth.

22. P. Termier (in Paris): **Ueber einen Quarz von Grindelwald** (Compt. rend. 1895, **121**, 842. — Bull. soc. fr. min. **18**, 443).

Ein mit dünnen basischen Calcitlamellen durchwachsener Quarzkrystall zeigt einzelne grosse, meist matte und mit triangulärer Streifung versehene Flächen, welche unzweifelhaft von den Calcittafeln bewirkte sogenannte Druckflächen sind. Der Verf. findet deren Lage sehr genau den Symbolen $(\bar{7}704)$, $(32.\bar{1}\bar{5}.\bar{1}\bar{7}.62)$ u. a. entsprechend und nimmt daher an, dass es wirkliche (neue) Flächen des wachsenden Quarzkrystalles gewesen seien, welche sich temporär unter besonderen

Verhältnissen gebildet hatten [1]), von Calcitlamellen bedeckt wurden und durch das später normale Wachsthum des Krystalles wieder verschwanden.

Ref.: P. Groth.

23. G. Wyrouboff (in Paris): **Krystallform einiger Acetamidsalze** (Aus: J. Topin, sur quelques nouveaux sels d'amide. Ann. chim. phys. 1895 (7), 5, 99 f.).

Zweifach saures oxals. Acetamid $C_2H_3O_2H_2N.2C_2H_2O_4$.

Krystalle aus Wasser. Triklin.

$$a:b:c = 0,8451 : 1 : 0,9607;$$
$$\alpha = 93^0\,34', \quad \beta = 97^0\,34', \quad \gamma = 100^0\,47'\ ^{2)}.$$

Comb. {001}, {101}, {10$\bar{1}$}, {100}, {10$\bar{3}$}, {010}, {012}, {0$\bar{1}$2}, {1$\bar{1}$1}, {1$\bar{1}\bar{1}$}, {1$\bar{2}\bar{1}$}, {11$\bar{1}$}, {11$\bar{3}$}, {12$\bar{3}$}, {111}, {110}, {210}, {1$\bar{1}$0}, {2$\bar{1}$0}, nach der Axe b etwas verlängert; aus einer Acetamidnitrat enthaltenden Lösung grössere tafelförmige Comb. {010}, {100}, {1$\bar{1}$0}, {001}, {0$\bar{1}$2}, {012}.

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(010) =	78° 37'	78° 42'
(001):(010)	—	*84 52
(001):(100)	81 35	81 32
(2$\bar{1}$0):(100)	24 10	24 14
(210):(100)	20 38	20 50
(101):(010)	—	*54 10
(101):(010)	78 46	78 38
($\bar{1}$03):(001)	22 48½ (corr.)	22 20
($\bar{1}$01):(001)	—	*54 10
($\bar{1}$01):(010)	—	*95 40
(0$\bar{1}$2):(001)	26 56	27 0
(012):(001)	24 56	25 0
($\bar{1}\bar{1}$1):($\bar{1}$01)	—	*32 40
($\bar{1}\bar{1}$1):(001)	65 18	—
($\bar{1}\bar{1}$3):(001)	30 50	—
($\bar{1}\bar{1}$3):(010)	72 58	72 50
($\bar{1}$11):($\bar{1}$01)	36 11	36 16
($\bar{1}$11):(001)	55 58	—
(1$\bar{1}$1):(111)	61 0	61 4
(1$\bar{1}$1):(001)	51 28	—
(111):(101)	27 36	27 42
(111):(001)	52 30	52 20
($\bar{1}$21):(001)	64 3	—

---

1) Es bleibt hierbei unerklärt, warum sich von jeder dieser ungewöhnlichen Formen immer nur eine einzige grosse Fläche bildete. Der Ref.

2) Im Original steht durch Druckfehler 107° 47'. Aus vorstehenden Elementen folgt durch Rechnung:

(1$\bar{1}$0):(100) =	44° 36½'
(110):(100)	35 14½
(1$\bar{1}$0):(001)	86 29½
(110):(001)	81 38½

während der Verf. für (110):(100) resp. (1$\bar{1}$0):(100) die ganz unmöglichen Werthe: 81° 35' (beob. 81° 32'), d. h. die Wiederholung der Zahlen für (001):(100), angiebt. Zahlreiche andere, offenbare Druckfehler des Originals sind hier berichtigt. Der Ref.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(\bar{1}21):(\bar{1}01)$ =	57° 43′	57° 41′
$(\bar{1}\bar{2}3):(001)$	42 31	—
$(\bar{1}\bar{2}3):(\bar{1}\bar{1}3)$	14 59	15 0

Spaltb. vollk. n. $(\bar{1}01)$ und $(1\bar{1}1)$.

Durch eine Spaltungsplatte nach letzterer Fläche beide Axen, deren Mittellinie deutlich von der Normale zu $(1\bar{1}1)$ abweicht, und deren Ebene mit $[1\bar{1}1, 0\bar{1}0]$ 65° bildet, sichtbar; $2E = 69° 20'$, schwache Disp., $\varrho < v$; deutliche horizontale Dispersion; Doppelbr. —, sehr stark.

Saures oxalsaures Acetamid $C_2H_3O_2H_2N.C_2H_2O_4$.

Kryst. aus Wasser. Rhombisch (sphenoidisch?).

$a : b : c = 0,9369 : 1 : 0,5600.$

Kleine Prismen {210} mit {010}, {100}, {001}, {011} und {111} (letztere Form in der Figur als Bisphenoid gezeichnet).

	Berechnet:	Beobachtet:
(210):(010) =	—	*64° 54′
(011):(001)	—	*29 15
(011):(210)	78° 2′	78 0
(111):(001)	39 20	39 30
(111):(011)	27 33	27 40

Spaltb. vollk. (001).

Ebene der opt. Axen (100), c 1. Mittell.; $2E = 25°$ mit schwacher Dispersion; Doppelbr. —, ziemlich stark.

Saures weinsaures Acetamid $C_2H_3O_2H_2N.C_4H_6O_6$.

Monoklin. $a : b : c = 1,0125 : 1 : 1,3986$; $\beta = 90° 40'$.

Tafelf. Comb. {001}, {100}, {101}, $\{10\bar{1}\}$, {011}, {012}, {110}, $\{11\bar{1}\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
(001):(100) =	—	*89° 20′
$(110):(1\bar{1}0)$	90° 46′	—
(110):(001)	89 32	89 32
(101):(001)	—	*53 22
$(\bar{1}01):(001)$	54 30	54 26
(011):(001)	—	*54 26
(012):(001)	34 58	35 10
$(111):(1\bar{1}1)$	79 0	—
(111):(001)	63 23	63 18

Spaltb. vollk. (001).

Ebene der opt. Axen (010), 1. Mittell. bildet mit c 36° im sp. Winkel β; $2E = 70° 30'$, Disp. sehr schwach; Doppelbr. —, stark.

Neutrales weinsaures Acetamid $(C_2H_3O_2H_2N)_2C_4H_6O_6$.

Rhombisch (wegen der Vergleichung mit vor. ist $a = 1$ gesetzt)[1].

---

1) Nach dem Verf. sollen Krystallform und optische Eigenschaften dieses Körpers identisch sein mit denjenigen der neutralen Tartrate des Oxamids und des Harnstoffes (die Krystallform des ersteren wird weiterhin (s. S. 637) mitgetheilt und ist in der That sehr ähnlich).

$a : b : c = 1 : 1{,}0248 : 1{,}4620$
(0,9758 : 1 : 1,4267).

Kurze Prismen: {001}, {110}, untergeordnet: {111}, {101}, {013}, {065}.

	Berechnet:	Beobachtet:
(110):(1$\bar{1}$0) =	—	*88° 36′
(111):(1$\bar{1}$1)	77° 42′	77 50
(111):($\bar{1}$11)	80 0	80 10
(111):(001)	—	*63 45
(013):(001)	25 26	25 14
(065):(001)	59 43	59 51

Ebene der opt. Axen (010), 1. Mittell. Axe c, $2H = 85° 36'$, Dispers. sehr schwach; Doppelbr. —, sehr stark.

Pikrinsaures Acetamid $C_2H_3O_2H_2N.C_6H_2(NO_2)_3OH$.

Kleine gelbe Prismen aus Alkohol. Rhombisch.

$a : b : c = 0{,}4849 : 1 : 0{,}3541$.

Comb. {010}, {110}, {121}, {111}, {001}.

	Berechnet:	Beobachtet:
(110):(010) =	—	*64° 8′
(111):(010)	—	*70 30
(111):(001)	49° 55′	49 36
(121):(010)	54 42	54 40
(121):(001)	56 7	56 2

Ebene der opt. Axen (100), 1. Mittell. c, $2H = 99°$, $\varrho < v$; Doppelbr. +, sehr stark.

Weinsaures Oxamid $(C_2H_4N_2O_2)_2C_4H_6O_6$.

Kryst. aus Wasser (Drehung der Lösung $[\alpha]_D = + 25{,}8°$). Rhombisch sphenoidisch.

$a : b : c = 0{,}9747 : 1 : 1{,}4098$.

Comb. {001}, {110}, {101}, untergeordnet {011} und {111} stets nur als rechtes Sphenoid.

	Berechnet:	Beobachtet:
(110):(1$\bar{1}$0) =	—	*88° 32′
(011):(001)	54° 39′	54 40
(111):(001)	—	*63 40
(101):(001)	55 21	55 29

Ebene der opt. Axen (010), 1. Mittell. c, $2H = 85° 16'$, Dispersion sehr schwach; Doppelbr. —, sehr stark.

Ref.: P. Groth.

24. E. Mallard (†) und **H. Le Chatelier** (in Paris): **Ueber die Veränderung, welche die Doppelbrechung des Quarzes, Baryts und Disthens mit der Temperatur erfährt** (Ann. chim. phys. 1895 (7), 6, 90).

Ausführliche Publication derselben Arbeit, über welche bereits in dieser Zeitschr. 21, 269 referirt wurde.

Ref.: P. Groth.

25. M. G. Moreau (in Paris ?): **Die Absorption des Lichtes in isotropen und krystallisirten Medien** (De l'absorption de la lumière dans les milieux isotropes et cristallisés. Comptes rendus **1894**, **119**, **327—329**. — **Sur la dispersion rotatoire anomale des milieux absorbants cristallisés; ebenda 1895, 120**, **258—261**. — Absorption de la lumière dans les cristaux uniaxes; **ebenda 1895**, **120**, **602—605**).

Nach dem Principe von Sellmeier besteht die Absorption des Lichtes bekanntlich darin, dass die schwingenden Aetheratome einen Theil ihrer lebendigen Kraft an die Körpermoleküle abgeben. Seien U, V, W, U', V', W' die Geschwindigkeitscomponenten des elastischen Körpermoleküls M vor und nach dem Zusammenstosse mit den elastischen Aetheratomen m; u, v, w seien die Geschwindigkeitscomponenten der letzteren nach den Richtungen OX, OY, OZ. Dann wird für die X-Axe die Zunahme der Quantität der Bewegung:

$$M(U' - U) = P(u - U) + p(v - V) + q(w - W)\,, \qquad (1)$$

wobei

$$P = \varphi(A_1 + B_1 + C_1) + 2\varphi(A_1 \alpha^2 + B_1 \alpha'^2 + C_1 \alpha''^2)\,,$$
$$p = 2\varphi(A_1 \alpha\beta + B_1 \alpha'\beta' + C_1 \alpha''\beta'')\,,$$
$$\varphi = \frac{4\pi M}{15(M + \Sigma m x^2)}\,.$$

Man beschreibe eine Kugel mit dem Radius 1 um den Mittelpunkt von M und betrachte ein Element dieser Kugel mit der Oberfläche $d\omega$; der Mittelpunkt dieser Oberfläche sei (x, y, z). In diesem Elemente seien n Aetheratome enthalten, so dass

$$(n \times m)d\omega = (Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dxy + 2Eyz + 2Fzx)d\omega = \Phi d\omega.$$

Die Gleichung $\Phi = 1$ bestimmt dann ein Ellipsoid derart, dass, wenn OP der durch (x, y, z) gehende Leitstrahl ist, $\frac{1}{OP^2} = nm$. Dieses Ellipsoid drückt demnach die Vertheilung des Aethers um das Körpermolekül M aus. Die oben vorkommenden Grössen A_1 ... sind dadurch bestimmt, dass $\frac{1}{A_1}$, $\frac{1}{B_1}$, $\frac{1}{C_1}$ die Quadrate der Halbaxen dieses Ellipsoides sind. $\alpha, \beta, \gamma, \alpha', \beta', \gamma', \alpha'', \beta'', \gamma''$ sind die Richtungscosinus der drei Trägheitsaxen.

Für die Richtungen OY und OZ treten statt P, p, q die Grössen Q, q, r bezüglich R, r, p ein; man erhält dieselben durch Vertauschung der Cosinus α, β, γ etc.

Aus (1) lassen sich die Bewegungsgleichungen für bestimmte Fälle ableiten.

Bei den optisch einaxigen Krystallen wird

$$p = q = r = 0\,, \quad P = \varphi(4A_1 + C_1) = \gamma\,, \quad R = \varphi(2A_1 + 3C_1) = \gamma_1.$$

Geht ein Strahl senkrecht zur Hauptaxe durch den Krystall, so gehören hierzu die beiden Bewegungsgleichungen für den Aether:

$$\varrho \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = A\Delta^2 \xi + \beta(U - \xi) + \gamma \frac{\partial(U - \xi)}{\partial t}\,,$$
$$\varrho \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} = C\Delta^2 \zeta + \beta_1(W - \zeta) + \gamma_1 \frac{\partial(W - \zeta)}{\partial t}\,,$$

und für das Körpermolekül:

$$M\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = aU + \beta(\xi - U) + \gamma\frac{\partial(\xi - U)}{\partial t},$$

$$M\frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = cW + \beta_1(\zeta - W) + \gamma_1\frac{\partial(\zeta - W)}{\partial t}.$$

Verläuft der Strahl in der Ebene ZOX unter dem Winkel α gegen die Hauptaxe, so mache man diese Richtung zur Axe OZ_1, die Y-Axe lasse man wie früher und die neue Axe OX_1 lege man zu den OZ und OY senkrecht. Für diesen Strahl werden dann die Bewegungsgleichungen für den Aether:

$$\varrho\frac{\partial^2 \xi_1}{\partial t^2} = B\frac{\partial^2 \xi_1}{\partial z_1^2} + H(U_1 - \xi_1) + \Omega\frac{\partial(U_1 - \xi_1)}{\partial t},$$

$$\varrho\frac{\partial^2 \eta_1}{\partial t^2} = A\frac{\partial^2 \eta_1}{\partial z_1^2} + \beta(V_1 - \eta_1) + \gamma\frac{\partial(V_1 - \eta_1)}{\partial t},$$

für das Körpermolekül:

$$M\frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2} = \mathfrak{A}U_1 + H(\xi_1 - U_1) + \Omega\frac{\partial(\xi_1 - U_1)}{\partial t},$$

$$M\frac{\partial^2 V_1}{\partial t^2} = aV_1 + \beta(\eta_1 - V_1) + \gamma\frac{\partial(\eta_1 - V_1)}{\partial t},$$

$$B = A\cos^2\alpha + c\sin^2\alpha,$$
$$H = \beta\cos^2\alpha + \beta_1\sin^2\alpha,$$
$$\Omega = \gamma\cos^2\alpha + \gamma_1\sin^2\alpha,$$
$$\mathfrak{A} = a\cos^2\alpha + c\sin^2\alpha.$$

Der stets constante Absorptionscoëfficient K_0 des ordentlichen Strahles ist gegeben durch:

$$\frac{K_0}{V_0} = \frac{\gamma}{2A}\frac{(Mn^2 + a)^2}{(Mn^2 + a - \beta)^2 - n^2\gamma^2},$$

wobei n die Schwingungszahl und V_0 die Wellengeschwindigkeit bedeutet. Der Absorptionscoëfficient K des nach OX_1 schwingenden ausserordentlichen Strahles ist gegeben durch:

$$\frac{K}{V} = \frac{\Omega}{2P}\frac{(Mn^2 + A)^2}{(Mn^2 + A - H)^2 + n^2\Omega^2}.$$

Aus dieser Formel kann man auch speciell den Grenzwerth K_e des Absorptionscoëfficienten des ausserordentlichen Strahles finden. Für schwach doppeltbrechende Krystalle wird der Absorptionscoëfficient K des ausserordentlichen unter dem Winkel α gegen die Hauptaxe geneigten Strahles gegeben durch:

$$\frac{K}{N} = \frac{K_0}{N_0}\cos^2\alpha + \frac{K_e}{N_e}\sin^2\alpha,$$

worin K_0 und K_e die Hauptabsorptions-, N_0 und N_e die Hauptbrechungsquotienten bedeuten. Verf. vergleicht die letztere Formel mit Beobachtungen am Turmalin.

Nach dem genannten Principe tritt in die Gleichungen für die Aetherbewegung bei den absorbirenden Körpern eine verzögernde Kraft mit den Componenten:

$$X = p\frac{\partial(\xi - U)}{\partial t} + p\frac{\partial(\eta - V)}{\partial t} + q\frac{\partial(\zeta - W)}{\partial t},$$

für Y sind die Coëfficienten p, Q, r, für Z: q, r, R. ξ, η, ζ sind die Verschiebungen des Aethers, U, V, W die der Körpermoleküle.

Für absorbirenden Quarz findet Verf., dass die beiden in der Richtung der Hauptaxe sich fortpflanzenden Strahlen (der rechts rotirende und der links rotirende) ungleich absorbirt werden. Für $p = Mn^2 + \alpha\beta = 0$ haben beide Absorptionen einen Maximalwerth. Hier liegt also ein Absorptionsstreifen. Das Drehungsvermögen wird in der Nähe dieses Werthes zweimal Null und ändert dabei seine Zeichen.

Die Dispersion der circularpolarisirten Strahlen eines absorbirenden Quarzes hat also eine ähnliche Anomalie wie die Dispersion bei der Brechung des Fuchsins.

Ref.: J. Beckenkamp.

26. **B. Brunhes** (in Dijon): **Ueber die elektromagnetische Theorie der Absorption des Lichtes in den Krystallen** (Sur la théorie électromagnétique de l'absorption de la lumière dans les cristaux. Compt. rend. 1895, **120**, 1041—1044).

Die Absorption wird durch die Annahme erklärt, die Krystallmasse isolire unvollkommen; das elektrische Leitungsvermögen wird durch ein Ellipsoid dargestellt, dessen Axen im Allgemeinen nicht mit den Axen des Ellipsoides der Diëlektricitätsconstanten übereinstimmen; d. h. die Axen des Absorptionsellipsoides fallen nicht mit den optischen Elasticitätsaxen zusammen. Verf. zieht aus den Hertz'schen Gleichungen für die Fortpflanzung einer Störung des elektromagnetischen Gleichgewichtes einige Schlüsse über das Verhalten absorbirender Medien, deren ausführliche Begründung in einer besonderen Abhandlung gegeben werden soll. Unter Andern leitet er die Beziehung ab: $J = J_0\,e^{-2kz}$, wenn J die elektrische Energie nach dem Durchgange durch einen Krystall von der Dicke z bedeutet, dessen Absorptionscoëfficient k ist. J_0 ist die Energie vor dem Durchgange.

Ref.: J. Beckenkamp.

27. **G. Quesneville** (in Paris): **Ueber die elliptische Doppelbrechung und die Vierfachbrechung des Quarzes in der Nähe der Axe** (De la double réfraction elliptique et de la tétraréfringence du quartz dans le voisinage de l'axe. Ebenda 1895, **121**, 522—525).

Durchsetzt ein vor dem Eintritte linear polarisirter Lichtstrahl nur annähernd parallel der Hauptaxe eine Quarzplatte, so entstehen zwei elliptisch polarisirte Strahlen, deren Schwingungsellipse von der Polarisationsebene des eintretenden Strahles abhängt. Die Orientirung dieser beiden Ellipsen ist beim Austritte aus der Platte verschieden von der Orientirung derselben beim Eintritte. Diese Veränderung erklärt Verf. nicht etwa durch eine einfache Drehung der Ellipsen während des Strahlendurchganges, sondern in der Weise, dass er annimmt, jede der beiden Ellipsen entstehe aus zwei senkrecht zu einander stehenden Ellipsen, die von der Lichtschwingung in entgegengesetztem Sinne durchlaufen würden. Hiernach muss der Quarz für Strahlen, die angenähert in der Richtung der Axe ihn durchsetzen, vierfach brechend sein. Für solche Strahlen, die genau in der Richtung der Hauptaxe durchgehen, fallen je zwei der Ellipsen zusammen und werden Kreise; für die Richtung der Hauptaxe selbst ist also der Quarz nur doppeltbrechend. Airy nahm auch für die ersteren Strahlen nur eine Doppelbrechung an.

Seine Formeln müssen deshalb einige Aenderungen erfahren. Nach den Formeln von Airy geben zwei gleiche Quarzplatten von entgegengesetztem Drehungssinne Kreise und Spiralen gleichen Gangunterschiedes; nach den Formeln des Verfs. nur Spiralen. Thatsächlich sollen nach den Beobachtungen des Verfs. auch keine Kreise sichtbar sein.

Ref.: J. Beckenkamp.

28. G. Quesneville (in Paris): **Messung von Gangunterschieden bei der elliptischen Brechung des Quarzes** (De la mésure des différences de marche dans la réfraction elliptique du quartz. Ebenda 1895, **121**, 1136—1139).

Durch eine geeignete Interpretation bringt Verf. die Beobachtungen Jamin's, welche nach diesem die Airy'schen Formeln bestätigen sollen, in Einklang mit seinen abgeänderten Formeln.

Ref.: J. Beckenkamp.

29. E. Carvallo (in Paris): **Wärmespectren** (Spectres calorifiques. Annales de chimie et de physique 1895, 7. Serie **4**, 5—79).

Im Wärmespectrum braucht man zur Erkennung bestimmter Wellenlängen Marken, wie sie sich im sichtbaren und im ultravioletten Lichte in den Fraunhofer-schen Linien darbieten. Nach Mouton kann man diese in folgender Weise ersetzen: Eine zur Axe parallele Quarzplatte Q wird zwischen einen Polarisator P und einen Analysator A gebracht, dessen Hauptschnitt zu dem von P parallel oder gekreuzt steht. Ein paralleles, zu Q senkrechtes Lichtbündel durchsetze das System PQA und werde nachher durch ein Prisma, das auf dem Objectträger eines Gomiometers steht, analysirt. Man erhält ein cannelirtes Spectrum, dessen dunkle Linien als Marken dienen können. Zur Untersuchung des Wärmespectrums wird das Ocular des Goniometers durch eine Thermosäule mit Galvanometer ersetzt. Hier entsprechen diejenigen Stellen, bei welchen ein Minimum des Ausschlages erfolgt, den dunklen Streifen des Spectrums. Ein Nachtheil der Methode besteht darin, dass in der Nachbarschaft der dunklen Streifen nur ein geringer Wechsel der Intensität liegt, so dass die Minimalstellen nur ungenau einzustellen sind. Verf. giebt zwei Methoden an, diesen Nachtheil zu beseitigen.

Erste Methode. Ist i die Intensität an einer Stelle des cannelirten Spectrums, φ die Phasendifferenz zwischen dem aus Q austretenden ordinären und extraordinären Strahle, J die einfallende Intensität, dann ist

$$i = J \cos^2 \pi\varphi \text{ bei paralleler Stellung von } P \text{ und } A,$$
$$i = J \sin^2 \pi\varphi \text{ bei senkrechter Stellung von } P \text{ und } A.$$

Misst man nacheinander i und i', dann wird

$$\frac{i - i'}{i + i'} = \cos 2\pi\varphi.$$

Indem man etwa von 2 zu 2 Minuten die Grössen i und i' bestimmt, kann man durch Interpolation die Stellen des Ocularrohrs finden, für welche $\cos 2\pi\varphi = 0$. Für die entsprechende Stelle des Spectrums ist also die Phasendifferenz φ der beiden Strahlen gleich $\frac{n}{2}$, wenn n eine ganze Zahl bedeutet. Indem man aus dem sichtbaren Spectrum, in welchem durch die Fraunhofer'schen Linien Stellen mit bekanntem λ vorliegen, successive fortschreitet, kann man auch im ultrarothen Theile den zu jedem $\cos 2\pi\varphi = 0$ gehörigen Werth n, also auch

φ finden. Sind e die Dicke der Quarzplatte, n_0 und n_e die (mit λ veränderlichen Indices, dann ist

$$\lambda = \frac{n_e - n_0}{\varphi}.$$

Zweite Methode. Man bringe Q und A zwischen Prisma und Ocularrohr. Aus dem Analysator, der diesesmal nicht ein Nicol sein darf, lasse man sowohl das ordinäre als das extraordinäre Spaltbild austreten und beide so auf die Thermosäule fallen, dass deren Galvanometer die Differenz $i - i'$ angiebt. Zu dem Zwecke besteht die Thermosäule aus zwei übereinander liegenden symmetrischen Hälften. Die Anordnung ist so, dass das als ordinäres Bild aus dem Analysator austretende Licht auf die eine Hälfte der Thermosäule fällt, das extraordinäre auf die andere. Als Analysator dient ein Kalkspathprisma mit einem brechenden Winkel von 21°, an welches ein Glasprisma mit demselben brechenden Winkel in umgekehrter Stellung angelegt wurde. Ein auf die vordere Kalkspathoberfläche auffallender Lichtstrahl tritt aus der gegenüberliegenden Glasfläche als Doppelstrahl so aus, dass der ordinäre und extraordinäre Theil in der angegebenen Weise auf die Thermosäule fallen.

Nach Angabe dieser Methode folgt eine Untersuchung über die möglichen Fehlerquellen und das Resultat der Beobachtungen am Flussspath. Das letztere wird dann mit der Dispersionsformel von Cauchy verglichen:

$$\frac{1}{n^2} = a + b\,l^{-2} + c\,l^2 + d\,l^{-4},$$

wobei $l = \frac{\lambda}{n}$, und n der Brechungsexponent, λ die zugehörige Wellenlänge im luftleeren Raume. Für die Constanten setzt Verf. die Werthe

$$a = +\,0{,}490335\,, \quad b = -\,0{,}0007138 35\,,$$
$$c = +\,0{,}001584\,, \quad d = -\,0{,}000001042\,.$$

Ausserdem vergleicht Verf. seine Beobachtungen mit der Ketteler'schen Formel:

$$n^2 = a_1 + \frac{b_1}{\lambda^2 - c_1} + d_1\lambda^2\,,$$

worin er $a_1 = +\,2{,}03910$, $b_1 = +\,0{,}00610$, $c_1 = +\,0{,}00900$, $d_1 = -\,0{,}00320$

setzt (vergl. diese Zeitschr. 27, 440—444).

Werden die Wellenlängen λ in $\mu = 0{,}001$ mm gemessen, dann gilt folgende Tabelle der betreffenden Werthe für Flussspath.

	n				
	beobachtet von Caravallo	berechnet nach Cauchy	berechnet nach Ketteler	Differenz zwischen	
λ	O	C	K	$O-C$	$O-K$
1,849	1.42480	1,42488	1.42476	—8	+4
1,444	1.42669	1,42674	1,42666	—5	+3
1,187	1.42792	1,42800	1,42792	—8	0
1,009	1,42896	1,42903	1,42894	—7	+2
0.878	1.42991	1,42999	1,42991	—8	+0
0,777	1,43086	1,43095	1,43089	—9	—3

λ	beobachtet von Caravallo O	berechnet nach Cauchy C	berechnet nach Ketteler K	Differenz zwischen $O-C$	Differenz zwischen $O-K$
(A) 0,76040	1,431019	1,43115	1,431072	—13	—5,3
(a) 0,71836	1,431581	1,43167	1,431600	—9	—1,9
0,6987	1,43185	1,43192	1,43186	—7	—1
(B) 0,68671	1,432013	1,43212	1,432054	—11	—4,1
(C) 0,65618	1,432517	1,43261	1,432547	—9	—3,0
0,6372	1,43287	1,43295	1,43292	—8	—5
(D) 0,58920	1,433857	1,43394	1,433885	—8	—2,8
0,5875	1,43393	—	1,43393	—	0
0,5430	1,43509	—	1,43510	—	—1
(E) 0,52690	1,435566	—	1,435590	—	—2,4
0,5060	1,43629	—	1,43631	—	—2
(F) 0,48607	1,437055	1,43711	1,437075	—5	—2,0
0,4745	1,43758	—	1,43757	—	+1
(G) 0,43075	1,439826	—	1,439811	—	+1,5
(H) 0,39681	1,442144	1,44211	1,442111	+3	+3,3

Ref.: J. Beckenkamp.

80. C. Camichel (in Paris): **Die Absorption des Lichtes in Krystallen** (Étude expérimentale sur l'absorption de la lumière par les cristaux. Annales de chimie et de physique 1895, 5, 433—493. Inaugural-Dissertation, vorgelegt der Faculté des sciences de Paris).

Zur Darstellung der Veränderungen der Absorption mit der Schwingungsrichtung giebt es mehrere Theorien:

1) Theorie von H. Becquerel. Seien A_0 die Amplitude einer einfallenden Schwingung, λ, μ, ν die Richtungscosinus dieser Schwingung in Bezug auf drei Axen des Krystalles; dann sind $A_0\lambda$, $A_0\mu$, $A_0\nu$ die Componenten der Schwingung in Bezug auf die drei Axen. Seien k_1, k_2, k_3 die Absorptionscoëfficienten für die drei Hauptrichtungen, und durchsetze ein Strahl einen Krystall von der Dicke z, dann werden die drei Schwingungscomponenten

$$A_0\lambda e^{-k_1 z}, \quad A_0\mu e^{-k_2 z}, \quad A_0\nu e^{-k_3 z}.$$

Werden die drei Componenten wieder vereinigt, dann fällt ihre Resultirende nicht mehr mit der ursprünglichen Schwingungsrichtung zusammen. Becquerel nimmt an, dass die mit der ursprünglichen Schwingung parallele Componente dieser Resultirenden allein wirksam sei. Die Amplitude der Resultirenden ist

$$A = A_0(\lambda^2 e^{-k_1 z} + \mu^2 e^{-k_2 z} + \nu^2 e^{-k_3 z}).$$

2) Theorie des Absorptionsellipsoides. Ist J_0 die einfallende Intensität einer Schwingung, dann ist $J = J_0 e^{-\alpha z}$ die Intensität nach dem Durchgange, wobei z die Dicke der Krystallplatte und $\alpha = \alpha_1\lambda^2 + \beta_1\mu^2 + \gamma_1\nu^2$, wenn α_1, β_1, γ_1 die Absorptionscoëfficienten für den Fall angeben, dass das Licht in der Ebene yz, zx, xy polarisirt ist. λ, μ, ν sind die Richtungscosinus der Schwingung. Der Factor $\sqrt{\alpha}$ ist das Loth, welches parallel zur Schwingung vom Mittelpunkte des Ellipsoides $\frac{x^2}{\alpha_1} + \frac{y^2}{\beta_1} + \frac{z^2}{\gamma_1} = 1$ auf eine das Ellipsoid im

Fusspunkte berührende Ebene gefällt wird. Dieses Ellipsoid heisst Absorptionsellipsoid.

Grailich u. A. nahmen an, dass das Ellipsoid der Absorption und das der optischen Elasticität dieselbe Lage ihrer Hauptaxen haben. Nach Beobachtungen von Laspeyres (diese Zeitschr. 1880, 4, 454) und Ramsay (diese Zeitschr. 1887, 18, 99) ist dieses dagegen nicht der Fall.

Zur Untersuchung der Fragen 1) ob die Absorptionsconstanten in der angegebenen Weise sich auf ein Ellipsoid zurückführen lassen und 2) ob die Axen dieses Ellipsoides immer mit den Axen des optischen Elasticitätsellipsoides ihrer Richtung nach übereinstimmen, bediente sich Verf. des folgenden Spectrophotometers.

Das von einer Petroleumlampe L etwa nach rechts ausgehende Licht fällt zuerst auf ein Spaltrohr $f_1 C_1$, geht von hier aus als paralleles Bündel durch einen Nicol N, einen Soleil'schen Quarzcompensator, einen zweiten zu N senkrecht gestellten Nicol N', nach einer convexen Linse L'. Durch diese convergirt das Bündel nach einem zweiten Spaltrohre $f_2 C_2$, verlässt C_2 wieder als paralleles Bündel, und fällt auf eine unter ungefähr 45° gegen das Bündel geneigte Glasplatte M_3, deren obere Hälfte mit Silber belegt ist. Von L bis M_3 blieb die Axe des Bündels geradlinig; hier wird dasselbe annähernd senkrecht zu seiner früheren Richtung abgelenkt, fällt auf ein Prisma P, durchsetzt dasselbe unter dem Winkel des Minimums der Ablenkung und erzeugt schliesslich in der Brennebene f_4 des Objectivs C_4 eines Ocularrohres $f_4 C_4$ ein Bild, welches mit freiem Auge, ohne Ocular, beobachtet wird. Dieses Bild ist ein Kreis, der aber in seiner oberen Hälfte heller ist; die untere, durch die Reflexion an der unbelegten Glasscheibe zu Stande kommende Hälfte des Bildes ist dunkler.

Das von der Petroleumlampe L nach links ausgehende Licht wird durch einen in der Verlängerung der Richtung $M_3 L$ schief gestellten Hohlspiegel M_1 nach einem Planspiegel M_2 reflectirt. M_2 steht in der Verlängerung von PM_3 so gerichtet, dass die von M_1 kommenden Strahlen nach $M_3 P$ reflectirt werden. Zwischen M_1 und M_2 ist eine Convexlinse L'' so angebracht, dass die von M_2 reflectirten Strahlen in einem Brennpunkte f_3 zusammenkommen. Von f_3 aus geht das Bündel divergent durch einen Nicol N'', nach einer Convexlinse C_3 und fällt von hier als paralleles Bündel auf die Glasplatte M_3. Nur die untere Hälfte des Bündels kann hindurch und vereinigt sich mit der schwächeren Hälfte des ersten Zweiges; geht also mit diesem durch das Prisma P des Objectivs C_4 und verstärkt die schwächere Kreishälfte.

Bei f_3 ist der Krystall angebracht, dessen Absorption gemessen werden soll; er befindet sich in einem Glasgefässe mit einer völlig farblosen Flüssigkeit, deren Brechungsexponent annähernd dem des Krystalles gleich ist, und kann in derselben gedreht werden.

Vor dem Einlegen des Krystalles wird durch Verschiebung der beiden Compensatorplatten gegen einander gleiche Helligkeit der beiden Kreishälften hergestellt; dann wird der absorbirende Krystall eingelegt und dadurch die Helligkeit der unteren Kreishälfte geschwächt, durch weitere Verstellung des Compensators aber wieder von Neuem gleiche Helligkeit erzeugt. Das Ocularrohr $f_4\ C_4$ muss natürlich jedesmal auf die betreffende Farbe, deren Absorption bestimmt werden soll, eingestellt werden.

Ist α die Drehung der Polarisationsebene durch den Compensator, seien c und C die Reflexionsconstanten des Glases und Silbers für die hier in Frage kommenden Einfallswinkel, dann ist die Intensität der oberen Kreishälfte $CJ \sin^2 \alpha$,

wenn J die Intensität des aus C_2 austretenden Lichtes bei $\alpha = 90^0$ ist. Ist J' die Intensität des aus C_3 austretenden Lichtes, so ist die Intensität der unteren Hälfte $J' + cJ \sin^2 \alpha$. Bei Gleichheit der beiden Hälften ist daher

$$(1) \qquad CJ \sin^2 \alpha = J' + cJ \sin^2 \alpha.$$

Ist k der Transmissionscoëfficient des Krystalles, so wird nach Einschiebung desselben der Compensator die Drehung α' hervorbringen müssen, wenn beide Felder gleich hell sein sollen, und es wird dann sein:

$$(2) \qquad CJ \sin^2 \alpha' = kJ' + cJ \sin^2 \alpha'.$$

Aus (1) und (2) folgt $k = \frac{\sin^2 \alpha'}{\sin^2 \alpha}$.

Zur Untersuchung von Schwingungen nach bestimmten Richtungen kann nicht nur der Krystall, sondern auch der Nicol N'' in geeigneter Weise gedreht werden.

Fällt auf einen doppeltbrechenden Krystall ein gewöhnlicher Lichtstrahl von der Intensität J_0, so hat nach dem Austritt der eine Strahl die Intensität $\frac{J_0}{2} a^2$, der andere die Intensität $\frac{J_0}{2} b^2$, wenn a^2 und b^2 die Transmissionsconstanten für die beiden Hauptschwingungsrichtungen der betreffenden Platte sind. Macht der Hauptschnitt des Nicols N'' mit der ersteren der beiden Richtungen einen Winkel ω, dann ist der Intensität beim Austritt aus dem Nicol $J = \frac{J_0}{2}(a^2 \cos^2 \omega + b^2 \sin^2 \omega)$, wobei a^2 und b^2 von ω unabhängig bleiben. Für eine grüne Turmalinplatte parallel der Hauptaxe und gelbes Licht fand Verf. $\frac{a^2}{2} = 0{,}404$, $\frac{b^2}{2} = 0{,}005$.

Das Gesetz, dass bei verschiedener Dicke der Platte die Intensität $J = J_0 e^{-mz}$, fand Verf. durch Aenderung der Dicke bei ein und derselben Platte bestätigt.

Lässt man nicht gewöhnliches, sondern polarisirtes Licht senkrecht auf die doppeltbrechende Platte fallen, dann ist die Intensität der beiden austretenden Strahlen auch abhängig von der Grösse der Componenten nach den beiden Hauptschwingungsrichtungen der betreffenden Platte. Dreht man die Platte schief gegen das ankommende Licht, so müssen sich die Schwingungsrichtungen selbst ändern, also auch der Werth m. Eine zur Hauptaxe parallele Turmalinplatte werde zuerst senkrecht dem ankommenden Lichtbündel ausgesetzt, und durch entsprechende Stellung des Nicols N'' der Absorptionscoëfficient m_0 des ausserordentlichen und m_{90} des ordentlichen Strahles bestimmt. Dreht man darauf den Krystall um die optische Axe, so bleibt die ausserordentliche und die ordentliche Schwingung parallel bezügl. senkrecht zur Hauptaxe, es ändert sich aber der Weg z im Krystall. Dreht man um den Winkel ω, dann ist also $J = J_0 e^{-\frac{z}{\cos \omega} m}$. Dreht man aber um die in der Plattenebene zur Hauptaxe senkrechte Richtung, so erfolgt die Schwingung des ausserordentlichen Strahles nicht mehr in optisch gleichwerthigen Richtungen. Dreht man in dieser Weise um den Winkel ω, so muss, wenn die Theorie des Absorptionsellipsoides richtig ist, die Beziehung gelten:

$$m_\omega = m_0 \cos^2 \omega + m_{90} \sin^2 \omega.$$

Verf. fand dies bestätigt.

Zur Beantwortung der zweiten Frage untersuchte er die Absorption bei den »von Natur gefärbten« Krystallen Epidot und Axinit, bei »chemisch gefärbten« Krystallen des Doppelsulfates von Kupfer und Kobalt, und des Doppelsulfates von Kalium und Kobalt und endlich bei »künstlich gefärbten« Krystallen von Senarmont'schem Salz, das aus einer mit Campecheholzextract gefärbten Lösung krystallisirt war. Nur im letzteren Falle hatten die Axen des Absorptionsellipsoides und die des optischen Elasticitätsellipsoides die gleiche Lage im Krystalle. Ref.: J. Beckenkamp.

81. M. Brillouin (in ?): **Oberflächenspannung und Krystallformen. Bereich der Molekularwirkung** (Tensions superficielles et formes cristallines. Annales de chimie et de physique 1895, 6, 540—574).

Verf. betrachtet die Oberflächenspannung von Flüssigkeiten als Folge der Ausdehnung der Wirkungssphäre des Moleküls. Bei der Berührung fester Körper, oder flüssiger Körper mit festen, sollen elastische Oberflächenspannungen auftreten, welche eine Folge der Deformation der Berührungsflächen sind. Nach der Hypothese von Bravais dürfte eine merkliche Wirkung des Moleküls sich nur bis zur zweiten Schicht erstrecken. Nach dem Verf. soll die Attraction des Moleküls in mindestens doppeltem Molekularabstande (der nach der kinetischen Gastheorie von der Ordnung eines Zehntausendstel der Lichtwelle ist) von der Neutralzone noch sehr merklich, im zehnfachen Molekularabstande aber sicher zu vernachlässigen sein. Er glaubt, dass der Uebergang der repulsiven Kraft in attractive in der Neutralzone der isotropen Körper ein langsamer, in der der Krystalle ein rascher sei. Moleküle mit einer kleinen Anzahl von Atomen sollen nothwendigerweise rechtwinklige Symmetrieebenen und optisch einaxige Krystalle liefern. Jede nach einer Richtung verlängerte Fläche soll anzeigen, dass bei der Bildung die Oberflächenspannung in der Längsrichtung der Fläche kleiner war, in der dazu senkrechten Richtung grösser. Ref.: J. Beckenkamp.

82. J. Amann (in Lausanne): **Das Birefractometer oder der Ocularcomparator** (Le biréfractomètre ou oculaire-comparateur. Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie u. f. mikroskop. Technik 1895, 11, 440—454).

Zur Messung der Doppelbrechung einer Krystallplatte bringe man dieselbe zwischen gekreuzte Nicols unter 45°, d. h. so, dass sie am hellsten erscheint. Dann ersetze man das Ocular des Mikroskopes durch den vom Verf. unter den genannten Namen empfohlenen Apparat. Derselbe besteht aus einem Gyps- oder Quarzkeil mit einer mikrometrischen Verschiebungsvorrichtung, welcher unter die Ocularlinse eines Huyghens'schen Oculars geschoben werden kann. Die Einschiebung geschieht unter 45° gegen die Nicolhauptschnitte in der Art und so weit, dass die fragliche Krystallplatte dunkel erscheint. Die vom Mikrometer in dieser Stellung angezeigte Zahl giebt in einer beigegebenen Tabelle den genauen Werth der Interferenzfarbe und des zugehörigen Gangunterschiedes für den Keil, also auch für die durch ihn compensirte Krystallplatte an. Der Analysatornicol wird in derselben Weise, wie bei den gewöhnlichen petrographischen Mikroskopen von Fuess, Zeiss etc. aufgesetzt. Nach Angabe des Tubusdurchmessers des Mikroskops liefert der Universitätsmechaniker in Lausanne den Apparat mit einem Keil der Farben 1., 2., 3. Ordnung für 36 ℳ., mit zwei Keilen 1., 2., 3., und 4., 5., 6. Ordnung für 52 ℳ. Ref.: J. Beckenkamp.

Autorenregister.

Sachregister.

B.

C.

D.

Berichtigungen und Zusätze.

Zum 20. Bande.

Seite 287 Zeile 10 v. o. lies: »K_2O 8,36« statt »H_2O 8,36«.

Zum 24. Bande.

Seite 151 Zeile 15 v. o. lies: »Anorthit« statt »Adular«.

Zum 26. Bande.

Seite 336 Zeile 11 v. u. lies: »350—351« statt »330—331«.
- 603 - 2 v. o. - »1893« statt »1894«.

Zum 27. Bande.

Seite 41 Zeile 8 v. o. u. f. lies: »v. d. Marck« statt »v. d. Mark«.
- 50 - 4 v. u. (Anm.) lies: »C. R. 1876« statt »1877«.
- 100 - 13 v. u. lies: »Band 17, Jahrg. 20«.
- 107 - 10 v. u. lies: »Fulgurite« statt »Fulguriten«.
- 101 - 6 v. o. - »S. 55—57« statt »54—57«.
- 110 - 7 v. u. - »J. A. Ippen« statt »G. A. Ippen«.
- 620. Benzoylbromthymochinonoxim ist nach der neuerdings erschienenen Dissertation von P. J. Stroesco, Rech. s. l. form. crist. d. Thymochinones substit. etc. Gèn. 1896, nicht triklin, sondern monoklin, daher die Beschreibung dieses Körpers bei Gelegenheit des Referates über letztere Arbeit durch eine neue ersetzt werden wird. Die S. 618 und 619 gegebenen Beschreibungen des Acetyljodthymochinonoxim und des Bromthymochinon konnten auf Grund jener neueren Publication in der Correctur noch richtig gestellt werden und weichen daher mehrfach von dem referirten Original, in welchem sie ebenfalls fehlerhaft bestimmt waren, ab.



Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Fig. 1.

A

C

B

⅓ n. Gr.

Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 5.

Gestalt der Elementarkrystalle in den negativen Octanten.

Fig. 3.

Fig. 6.

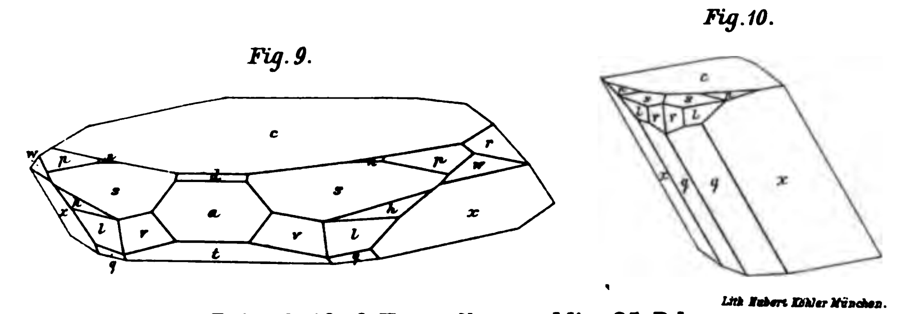
Fig. 7.

Fig. 8.

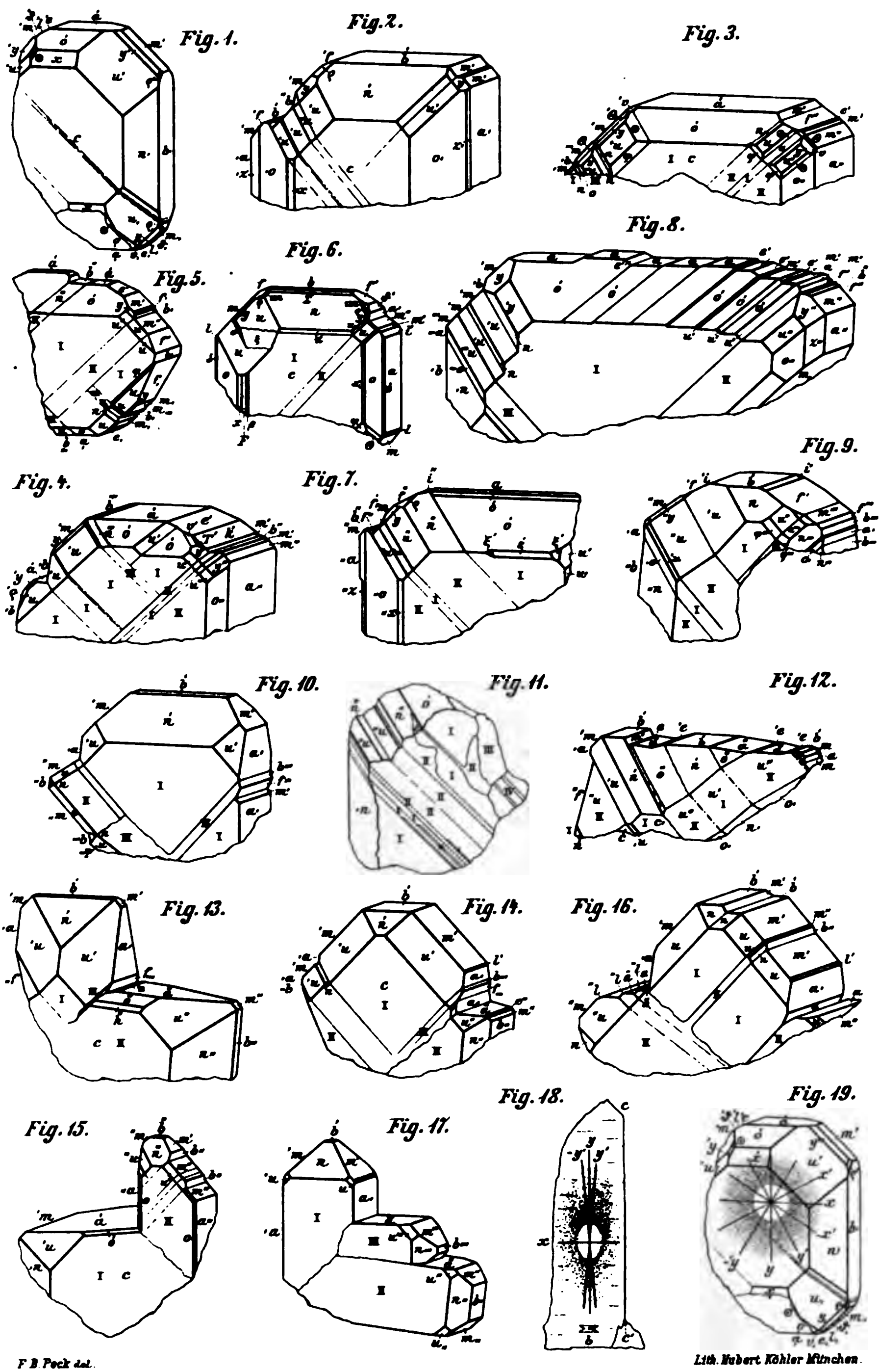
J. A. Krenner, Lorandit.

Fig. 10.

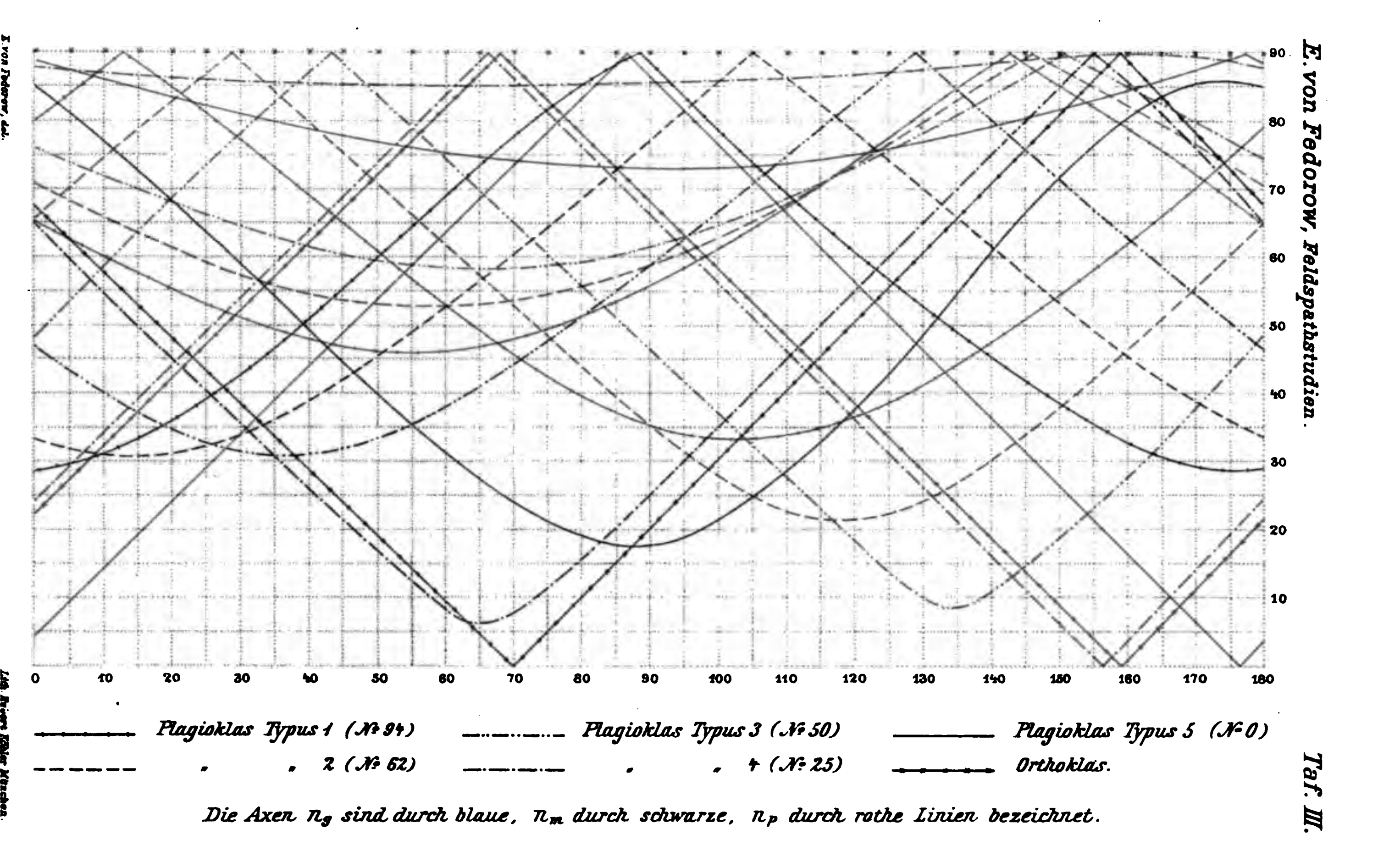
Fig. 9.



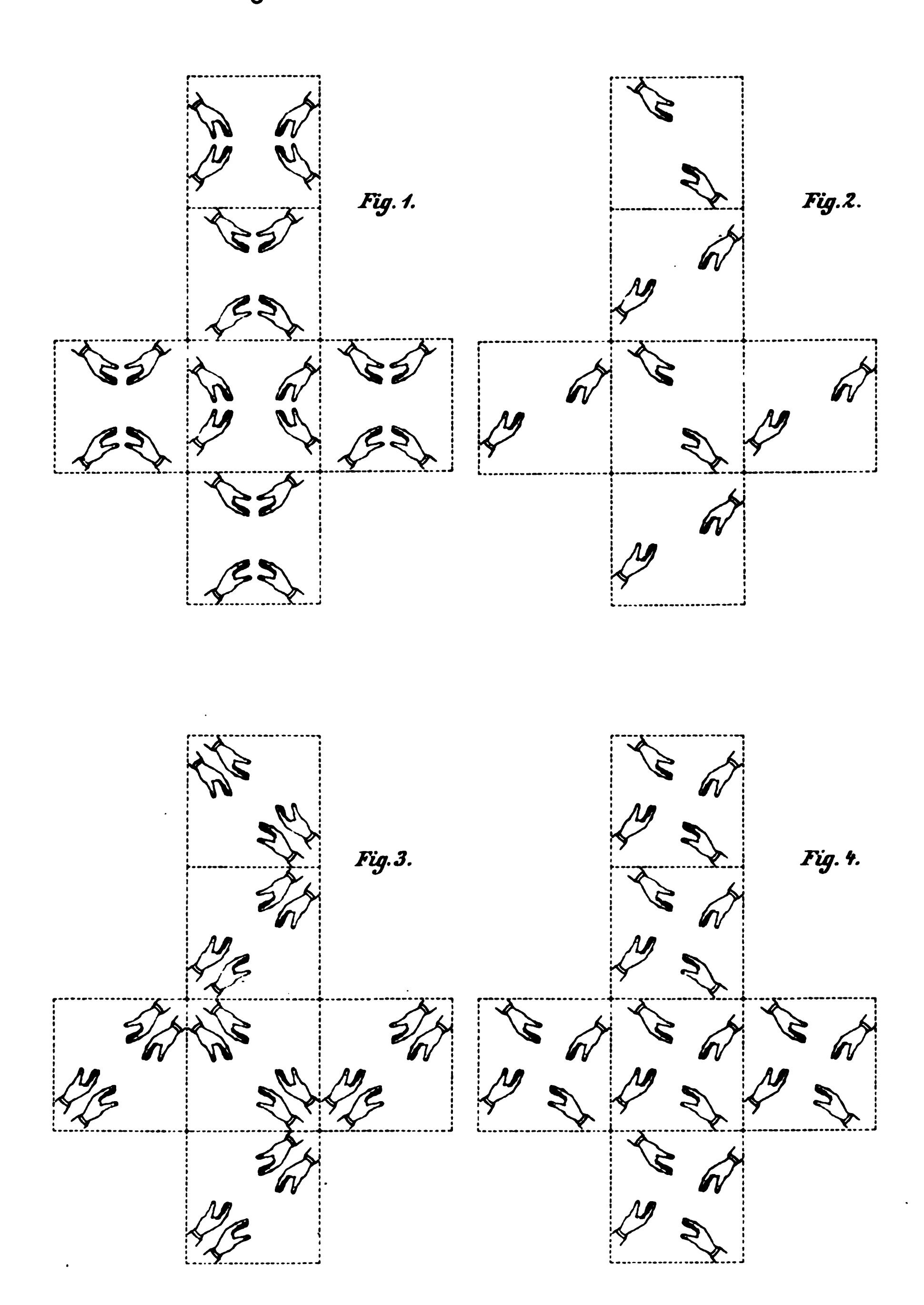
Lith. Hubert Köhler München.



F. B. Peck del. Lith. Hubert Köhler München.

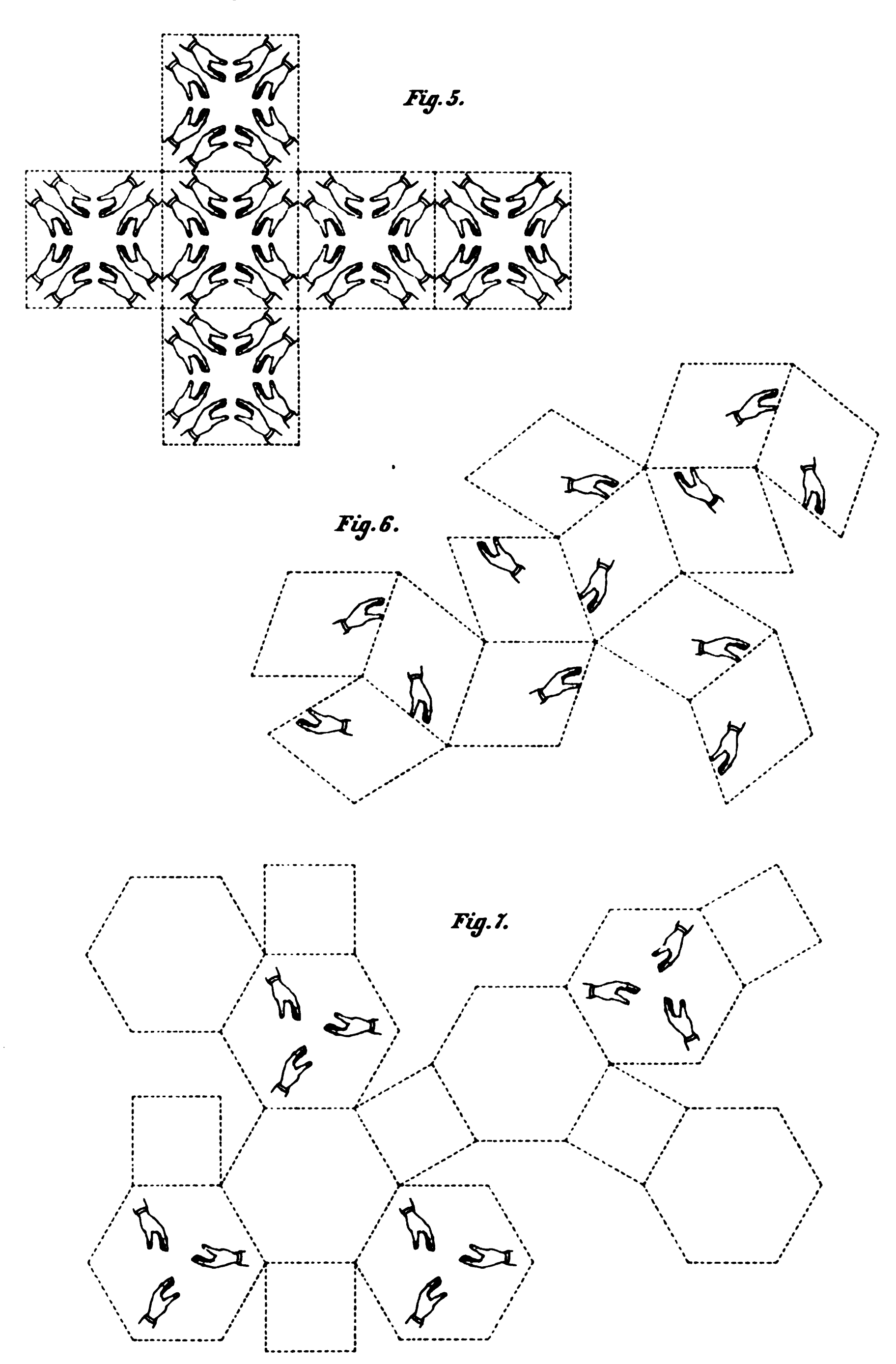


E. von Fedorow, del. Lith. Hubert Köhler München.

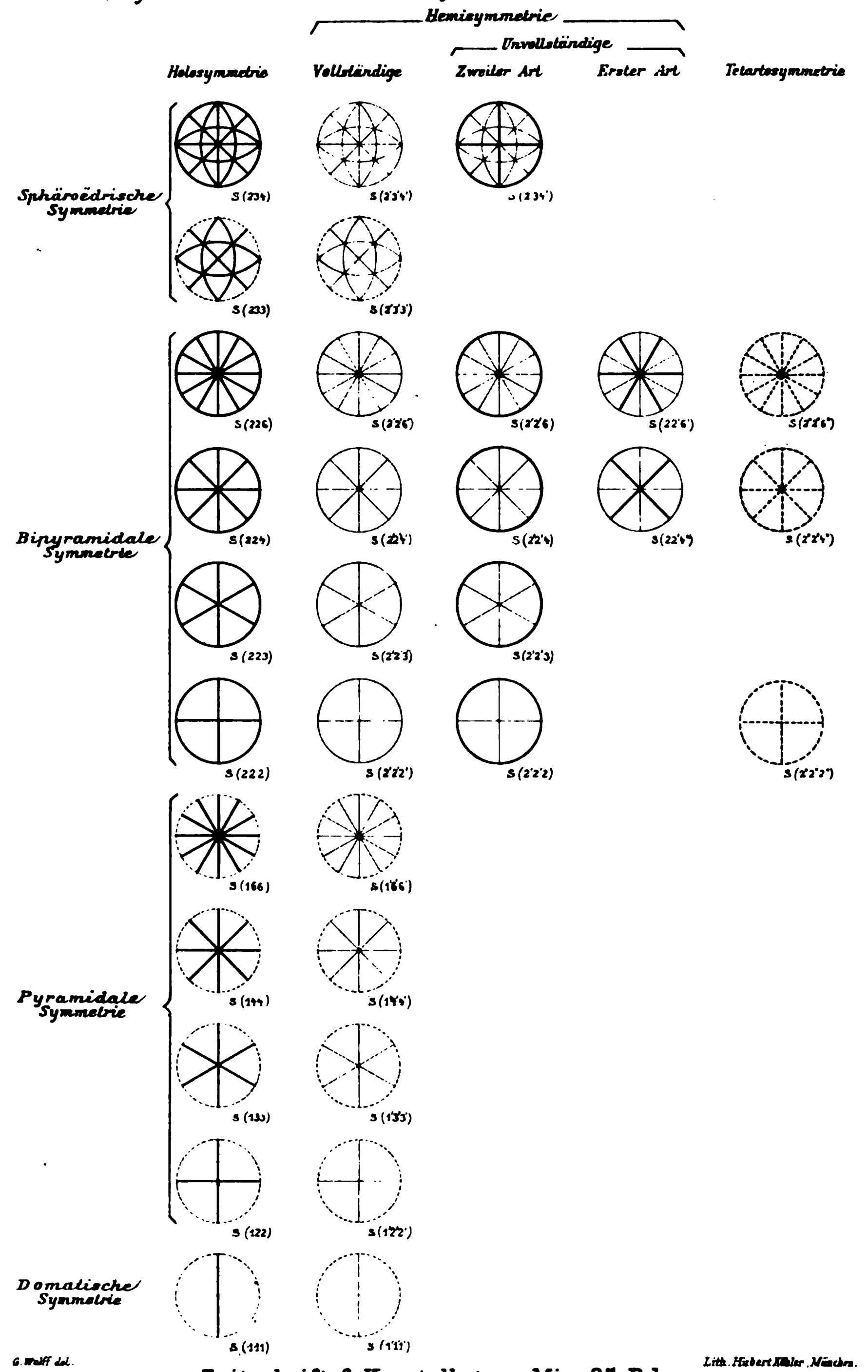


W. Barlow del.

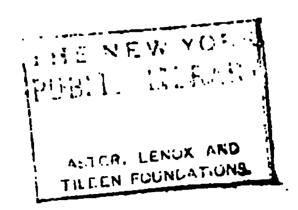
Lith. Hubert Köhler München.



W. Barlow del. Lith. Hubert Köhler München


Hemisymmetrie
Unvollständige
Holosymmetrie
Vollständige
Zweiter Art
Erster Art
Tetartosymmetrie
Sphäroëdrische Symmetrie
Bipyramidale Symmetrie
Pyramidale Symmetrie
Domatische Symmetrie
G. Wulff del.
Lith. Hubert Köhler, München.

Separat-Abdruck aus dem Neuen Jahrbuch für Mineralogie etc. 1897. Bd. I.



Mittheilung aus der R. FUESS'schen Werkstätte.

III. Neues Lupenstativ mit Polarisation für mineralogische, geologische und palaeontologische Zwecke.

Von C. Leiss.

(Mit 1 Holzschnitt.)

Steglitz bei Berlin, October 1896.

Dieses zur Untersuchung umfangreicher Objecte dienende Instrument wurde auf Anregung des Herrn E. KALKOWSKY construirt und kann etwa für folgende Zwecke Verwendung finden.

1. Untersuchung umfangreicher Gesteinsschliffe in Bezug auf primäre und secundäre Structurverhältnisse.
2. Untersuchung von gewöhnlichen Gesteinsdünnschliffen bei schwacher Vergrösserung in Bezug auf die Gruppirung einzelner Gemengtheile und die Structur im Allgemeinen.
3. Vergleichung mehrerer Präparate von Gesteinen oder Petrefacten in Bezug auf deren Structur etc.
4. Prüfung von Gesteinsdünnschliffen bei deren Herstellung auf genügende Dicke und gleichmässige Beschaffenheit.
5. Untersuchung grosser Mineralplatten im parallelen polarisirten Licht; Bestimmung der Schwingungsebenen in grossen Gyps-, Glimmer- und Quarzplatten etc. zur Herstellung verzögernder Blättchen oder Keile.
6. Untersuchung von palaeontologischen Dünnschliffpräparaten mit bequemem Übergang vom durchfallenden zum auffallenden Lichte.
7. Untersuchung von kleineren Krystallgruppen, kleinen Drusen in Gesteinen, Sculptur von Petrefacten u. s. w.
8. Zum Aussuchen von bestimmten Mineralkörnchen aus Gesteinen, Sanden u. dergl., von Foraminiferen und anderen kleinen Organismen.

Auf den vorderen Enden eines kräftigen hufeisenförmigen Fusses sind in Zapfenlagern drehbar der Beleuchtungsspiegel *Sp* und der Polarisator *P* (ein Glasplattensatz) befestigt. Der Objecttisch *O* ist durch eine Spiegelglasplatte von der Grösse 8½ × 10 cm gebildet, welche in einem kräftigen Messingrahmen liegt. Auf Wunsch kann die Spiegelglasplatte auch durch eine Metallplatte mit beliebiger Öffnung ausgetauscht werden. Die Dimensionen des Polarisators sind so bemessen, dass der Objecttisch in seiner gesammten Ausdehnung mit polarisirtem Licht beleuchtet wird.



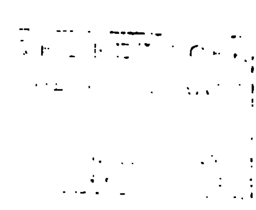
Die Einstellung der Lupen auf das Object geschieht durch die sehr ausgiebige Zahn- und Triebbewegung *T*, während vermittelst der um die Scharniere *s* und s_1 beweglichen Arme die Lupe über den ganzen Objecttisch geführt werden kann. Der analysirende Nicol, ein Glan-Thompson'-sches Prisma, wird mit seiner Fassung, welche mit einem Schlitz zur Einführung von Gyps- und Glimmerblättchen versehen ist, über den cylindrischen Ansatz *A* gestülpt.

Dem Instrumente werden 2 Steinheil'sche Lupen mit grossem planen Sehfeld von 4- und 8facher Vergrösserung beigegeben.

Preise:

1.	Lupenstativ ohne Lupen und ohne Analysator (siehe Abbildung)	Mk. 75.—
2.	Analysator in Fassung mit Schlitz zum Einschieben von Gyps- und Glimmerblättchen	„ 17.—
3.	2 Steinheil'sche Lupen mit grossem planen Sehfeld von 4- und 8facher Vergrösserung, in Fassung à 15 Mk.	„ 30.—
4.	Polirter Schrank mit Griff für vorgenannte Gegenstände	„ 8.—
	Summa	Mk. 130.—

Separat-Abdruck aus dem Neuen Jahrbuch für Mineralogie etc. 1896. Bd. II.



Mittheilungen aus der R. Fuess'schen Werkstätte.

I. Verbessertes Nörrenberg'sches Polarisations-Instrument.

Von **C. Leiss.**

Mit 1 Holzschnitt.

Steglitz bei Berlin, Juni 1896.

Das in der nebenstehenden Figur abgebildete Polarisations-Instrument besitzt sowohl in optischer als in mechanischer Hinsicht Vervollständigungen, welche weitergehende Anwendungen gestatten als die bisher gebräuchlichen derartigen Apparate. Das optische Leistungsvermögen des Apparates wurde durch die Construction eines besonderen dreigliederigen Beobachtungs- und Condensorsystems mit der numerischen Apertur 1,40 dermaassen erhöht, dass die optischen Axen einer senkrecht zur ersten Mittellinie geschnittenen Epidotplatte, welche beiderseits mit einer Immersionsflüssigkeit (z. B. Cedernöl) befeuchtet ist, deutlich im Sehfeld des Instrumentes hervortreten.

Mittelst Zahn und Trieb erfolgt die Einstellung des Tubus *R*. Das Auszugsrohr *A*, dessen Verschiebung in stetig orientirter Stellung mit freier Hand geschieht, trägt an seinem unteren Ende ein auf eine Spiegelglasplatte aufgetragenes Strichkreuz, welches die Schwingungsebenen der Polarisatoren andeutet. Ausser dem Strichkreuz ist zur approximativen Bestimmung des Axenwinkels auf die Spiegelglasplatte eine im Sehfeld von rechts

nach links verlaufende Mikrometerscala[1] aufgetragen. Um die Scala bei Messungen in die Diagonalstellung zu bringen, wird der Tubus *R* in seiner Triebhülse *A* um 45° gedreht und vermittelst Schraube und Kerb in der bekannten Art in dieser Lage fixirt.

Die Fassung des Analysators ist mit einer Eintheilung von 45—45° versehen. Zum Einschalten von Gyps- und Glimmerblättchen etc. dient der Schlitz *s*.



Behufs photographischer Aufnahmen von Interferenzbildern ist das Auszugsrohr mit dem tellerförmigen Ansatz *T* versehen, auf welchen die

[1] Es besteht die Absicht, ausser dieser Scala noch zu deren Ersatz eine solche herzustellen, welche nach dem von M. Schwarzmann in dies. Jahrb. 1896. I. 52 angegebenen Princip unmittelbar den scheinbaren Axenwinkel abzulesen erlaubt. Bemerkt sei noch, dass die Firma Fuess seit einiger Zeit jedem ihrer Mikroskope eine oder mehrere „Schwarzmann'sche Axenwinkelscalen" zur Ermittelung der scheinbaren Winkel der optischen Axen aus den Messungen am Ocular-Mikrometer beifügt. Diese Scalen sind mit einer kurzen Gebrauchsanweisung versehen und können auch nachgeliefert werden.

einfache, in dies. Jahrb. Beil.-Bd. 10. 433. Fig. 11 beschriebene Camera aufgesetzt werden kann. Zur Fixirung des Auszugsrohres nach erfolgter Einstellung dient die Schraube *k*. Eine in das untere Ende der Analysatorfassung einzusetzende Linse projicirt das Bild in die Plattenebene.

Entgegen den seither bei Polarisations-Instrumenten üblichen kleinen Objecttischen wurde, um in allen Fällen ein bequemeres Operiren zu ermöglichen, für den in Grade getheilten Tisch die Grösse (ca. 95 mm) eines Mikroskoptisches gewählt. Der Nonius *n* giebt direct 5 Minuten an. In die centrale Ausdrehung des Tisches kann ein dünnes, dem Instrument beigegebenes Spiegelglasplättchen gelegt werden, welches zum Auflegen kleiner loser Objecte dienen soll.

Das mit dem oberen Theil der Röhre *c* verschraubte Condensorsystem kann vermittelst einer schraubengangartigen Führung in der mit gerändertem Ring versehenen Röhre *r*, welche mit genügender Reibung in die Hülse *h* eingesteckt ist, gehoben und gesenkt werden. Der Zweck der Hoch- und Tiefstellung des Condensors besteht darin, denselben auch bei abgeschraubter Frontlinse in unmittelbare Annäherung an das Object bringen zu können. Ein Abschrauben der Frontlinsen empfiehlt sich besonders bei Benützung des Klein'schen Drehapparates (einfachste Construction), dessen Anwendung an diesem Apparat des grossen Tisches wegen besonders geeignet ist. Auch bei der Beobachtung einaxiger Mineralien und solcher mit nicht allzu grossem Axenwinkel ist es rathsam, die Frontlinsen abzunehmen.

In den abhebbaren Rohrstutzen *z* ist eine Linse gefasst, welche dazu bestimmt ist, das Sehfeld möglichst gleichmässig zu erleuchten. Die Fassung dieser Linse ist von derjenigen des Condensors getrennt, um durch Auflegen auf dieselbe bequem farbige Gläser oder sonstige Lichtfilter und ferner Glimmerblättchen[1] in den Strahlengang einschalten zu können. Um das Condensorsystem aus seiner Hülse herauszunehmen, wird der Trägerarm von *z*, nachdem der Stift *a* durch Herausziehen aus dem Drehzapfen entfernt ist, bei Seite geschlagen.

Die richtige Lage des aus einem Glasplattensatz bestehenden Polarisators wird durch eine einstellbare Anschlagschraube markirt. —

Jedem Instrument wird noch eine Röhre für Beobachtungen im parallelen polarisirten Licht beigegeben. Wenn es gewünscht wird, kann diese Röhre am unteren Ende mit einer stauroskopischen Einrichtung (nach Calderon) versehen werden. Über die Fassung des Analysators wird dann, um die Schnittfuge der Calderon'schen Platte und das Object deutlich und ohne Parallaxe sehen zu können, eine schwache Lupe mit engem Diaphragma gesetzt.

[1] Vergl. hierüber Th. Liebisch, Physikalische Krystallographie. 1891. p. 513. Fig. 280, 281; Grundriss der physikalischen Krystallographie. 1896. p. 347. Fig. 747 u. 748.

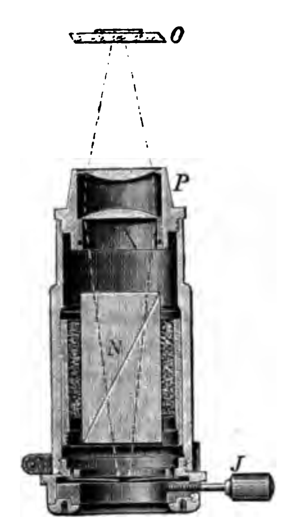
II. Beleuchtungseinrichtung für den Gebrauch der Universaldrehapparate im parallelen polarisirten Licht.

Von **C. Leiss.**

Mit 1 Holzschnitt.

Steglitz bei Berlin, Juni 1896.

Um bei der Untersuchung von Dünnschliffen mit Hilfe der von E. von Fedorow und C. Klein angegebenen Universaltische sicher zu sein, dass eine beobachtete optische Erscheinung auch wirklich nur von demjenigen Mineraltheilchen herrührt, welches untersucht werden soll, empfiehlt es sich, eine in der nebenstehenden Figur abgebildete einfache Beleuchtungseinrichtung anzuwenden. Diese besteht aus der mit *P* bezeichneten Linsencombination, welche an Stelle der schwachen Condensorlinse auf eine mit Irisblende versehene Polarisatorröhre aufgeschraubt ist. Die Irisblende kann ihren Sitz sowohl über als auch unter dem Nicol haben. Zur genaueren Einstellung der durch die Linsen *P* mit geringer Verkleinerung in die Objectebene projicirten jeweiligen Öffnung der Irisblende bedient man sich der Triebbewegung am Polarisator. Die punktirten Linien in der Figur deuten den Gang der Strahlen an.



III. Spectroskop nach E. A. Wülfing zur Bestimmung optischer Constanten von Mineralien für Licht verschiedener Wellenlänge.

Von **C. Leiss.**

Mit 1 Holzschnitt.

Steglitz bei Berlin, Juli 1896.

Nachstehende Figur veranschaulicht das von Herrn E. A. Wülfing construirte und in den Min. u. petr. Mitth. 1895. **15.** 49—76 beschriebene Spectroskop, wie dasselbe nunmehr nach den Angaben des Herrn Wülfing als ein zu jeder Zeit nachlieferbares Attribut der Spectrometer und Goniometer von der Firma Fuess verfertigt wird.

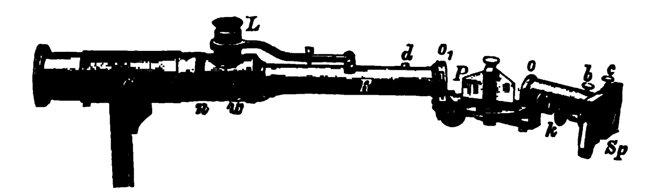
Der in seinem Gewicht möglichst leicht gehaltene Apparat wird für den Gebrauch in gleicher Weise wie die gewöhnlichen Spaltrohre in das Collimatorrohr *C* des Goniometers eingesteckt und durch den mit vorspringendem Zahn versehenen Klemmring *n* orientirt. Durch Anschlag des letzteren an dem Rand des Collimatorrohres *C* wird ferner die vor

dem erstmaligen Gebrauch genau focusirte Stellung des durch die Schraube *w* verstellbaren Websky'schen Spaltes bewirkt.

Die Lage der beiden Collimatorrohre *R* und C_1 zu einander ist unveränderlich und es erfolgt die Einstellung derjenigen Fraunhofer'schen Linie, für welche die Messung ausgeführt werden soll, durch alleinige Drehung des Prismas *P* mit Hilfe der Schraube („ohne Ende") *a*.

Der bei *k* mikrometrisch verstellbare Spalt *Sp* am äusseren Collimator C_1 kann durch geringes Verschieben in axialer Richtung in die Brennebene des Objectives *o* gebracht werden; die Fixirung und Orientirung geschieht mittelst des Schräubchens *b*. Zur Erlangung möglichster Schärfe der Fraunhofer'schen Linien in den verschiedenen Theilen des Spectrums kann die Lage des Objectives *o*, dessen Fassung mit einem feinen Gewinde versehen ist, durch Hin- und Herschrauben noch innerhalb kleiner Grenzen variirt werden. Mit dem Schräubchen *c* ist die Fassung eines Staubglases für den Spalt *Sp* befestigt.

Das gleichfalls axial verschiebbare und durch die Schraube *d* arretirbare Objectiv o_1 am Ende des Rohres *R* entwirft ein reelles Bild des Sonnenspectrums auf dem Websky'schen Spalt (*w*). Die Einstellung einer bestimmten Fraunhofer'schen Linie in die engste Stelle des Websky'schen



Spaltes erfolgt durch unmittelbare Beobachtung mit der Lupe *L*, welche unten mit einem totalreflectirenden Prisma versehen ist und welche nach beendeter Einstellung an einem Scharnierarm nach oben geschlagen wird.

Zur intensiven Beleuchtung des Spaltes *Sp* mit Sonnenlicht wird dem Apparat eine auf verstellbarem Stativ befindliche Linse von 75 mm Durchmesser und 290 mm Focus beigegeben, über deren Fassung eine conische, geschwärzte Blendröhre zur Abhaltung störenden Lichtes gesteckt ist.

Unter Hinzufügung einer zweiten Linse kann diese Beleuchtungsvorrichtung — allerdings weniger empfehlenswerth — auch für künstliche Lichtquellen, wie Auer'sches Glühlicht, elektrisches (Bogen-)Licht, Zirkon- oder Kalklicht Anwendung finden. Die Lichtquelle befindet sich dann annähernd in gleicher Entfernung vom Beleuchtungssystem wie der Spalt *Sp*. Bei Apparaten, welche für die Anwendung von künstlichen Lichtquellen dienen sollen, ist nach einem Vorschlag des Herrn Wülfing die Schraube *a* zur Drehung des Prismas mit einer Trommeltheilung, welche eine kurze Scala bestreicht, zu versehen, damit man durch Beobachtung die Stellung einiger Fraunhofer'scher Linien ermitteln und hieraus die Lagen für andere Linien ableiten kann.

Wird anstatt eines einfachen, aus freier Hand zu bewegenden Heliostatenspiegels ein durch Uhrwerk betriebener Heliostat gewünscht, so würde sich hierfür die einfachste von Fuess verfertigte Form, die in der Zeitschrift f. d. phys.-chem. Unterricht. 9. 1896. p. 157 beschrieben ist, empfehlen. Das Anwendungsgebiet derselben geht vom 70° nördlicher Breite bis zum gleichen Breitengrad südlich vom Aequator.

Preise:

1. Verbessertes Polarisations-Instrument incl. Einschiebröhre für Beobachtungen im parallelen polarisirten Licht (s. Figur S. 254) . . . . Mk. 175.—
2. Linse zum Gebrauch bei photographischen Aufnahmen . . . . „ 5.50
3. Stauroskopische Einrichtung, bestehend aus einer CALDERON'schen Kalkspathdoppelplatte in Fassung, mit Irisblende und einer auf den Analysator aufsetzbaren Lupe . . . . „ 48.—
4. Gypsblättchen Roth I. Ord. (5 Mk.), ¼ Und.-Glimmerblättchen (4 Mk.) . . . . „ 9.—
5. Glimmercompensator nach E. v. FEDOROW . . . „ 18.—
   Zeitschr. f. Kryst. **25.** 349. **26.** 251. 1896.
6. Zwei nebeneinander gekittete farbige Gläser — roth und blau — einschiebbar in den Schlitz *s*, zur Demonstration des Unterschiedes in der Entfernung der Hauptcurven gleichen Gangunterschiedes und der Hauptisogyren bei Anwendung von verschiedenen einfarbigen Lichtarten . . . . „ 4.50
7. Objectträger für die Untersuchung von Krystallplatten im stark convergenten Licht. Der Objectträger besteht aus einer Spiegelglasplatte mit weiter Bohrung, auf welche ein Deckglas gekittet ist zur Auflage der Krystallplatte. Das Deckglas gestattet eine grosse Annäherung des Condensors und des Objectives.
   a) bei einer Dicke der durchbohrten Platte von 1,75 mm . . . . „ 2.—
   b) dto. dto. von 4 mm . . . . „ 3.75



8. Objectträger mit aufgekittetem cylindrischem Glasgefäss von ca. 12 mm Tiefe zum Einsetzen von Krystallen oder Bruchstücken in stark brechende Flüssigkeiten (für Demonstrationszwecke) . . „ 4.25
9. Fläschchen mit Kappe und Stift zum bequemen Gebrauch von Immersionsöl (s. nebenstehende Figur) . . . . „ 1.—
10. 1 Fläschchen Cedernholzöl . . . . „ —.75

11. SCHWARZMANN'sche Axenwinkelscala, auf Carton mit Gebrauchsanweisung aufzukleben und für jedes Mikroskop verwendbar . . . . Mk. —.75

12. Glimmerblättchen auf Objectträger mit genau angegebenem Axenwinkel 2E, als Einstellungs- und Controllmineral . . . . „ —.80

---

13. Linsensystem (P) zum Aufschrauben auf das Polarisatorrohr, vortheilhaft anwendbar beim Gebrauch von Universaldrehtischen bei Untersuchungen im parallelen polarisirten Licht (s. Figur S. 256) . . . . . „ 10.—

---

14. Spectroskop nach WÜLFING (s. Figur S. 257), passend nachlieferbar zu den Goniometern Modell I, II, III, zu dem neuen Universalapparat (Ergänzungen 1895. No. 6. Fig. 4), sowie zu sämmtlichen Modellen meiner Spectrometer . . . . „ 175.—

15. Beleuchtungsapparat für Sonnenlicht, bestehend aus einer auf verstellbarem Stativ befindlichen Beleuchtungslinse von 75 mm Durchmesser und 290 mm Focus, mit conischer Blendröhre . . . . „ 30.—

16. Beleuchtungsapparat mit einer zweiten Linse für künstliche Lichtquellen, welche ohne weiteres mit der ersteren combinirt werden kann, erhöht den Preis desselben um . . . . „ 15.—

Über Uhrwerkheliostaten stehen besondere Preislisten und Beschreibungen zur Verfügung.

R. Fuess,
Steglitz bei Berlin.



